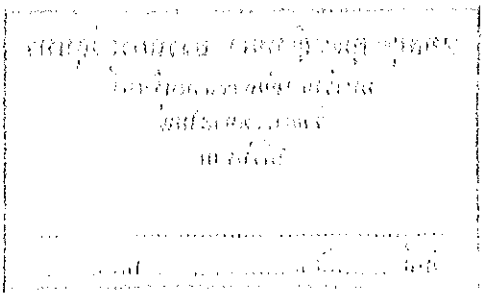
การผลิตและการปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

Production and Quality Improvement of Frozen Cuttlefish Balls

ดวงรัตน์ นาคสด

Duangrat Naksod



วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Food Technology

Prince of Songkla University

2538

เลขหมู่ SH336.5.C87 D52 2538 ฉ.2

Bib Key 84518

ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตและการปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง
ผู้เขียน นางสาวดวงรัตน์ นาคสด
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

คณะกรรมการที่ปรึกษา	คณะกรรมการสอบ
.....ประธานกรรมการ	.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร)
.....กรรมการ	.....กรรมการ
(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)	(อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม)
.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ	.....(ลาศึกษาต่อ).....กรรมการ
(อาจารย์ก่องกาญจน์ อังสุภานิช)	(อาจารย์ก่องกาญจน์ อังสุภานิช)
	.....กรรมการ
	(อาจารย์มุทิตา มีนุ่น)
	.....กรรมการ
	(ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร

.....
(ดร.ไพรัตน์ สงวนไทร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การผลิตและการปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

ผู้เขียน นางสาวดวงรัตน์ นาคสด

สาขาวิชา เทคโนโลยีอาหาร

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

การผลิตลูกชิ้นปลาหมึกโดยใช้ส่วนครีบและเศษเนื้อสีขาวจากอุตสาหกรรมผลิตปลาหมึกแช่เยือกแข็งตามสูตรพื้นฐานซึ่งดัดแปลงจาก Chu และคณะ (1992) พบว่าผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสและกลิ่นคาวเป็นลักษณะด้อย แต่เมื่อใช้เนื้อปลาบดและแป้งไปทดแทนเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์พบว่าสัดส่วนผสมระหว่างปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งที่เหมาะสมคือ 68:12:20 ส่วนการพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรสพบว่าการเติมพริกไทยร้อยละ 0.4 สามารถลดกลิ่นคาวจนทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับคุณลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ประกอบด้วยปลาหมึก เนื้อปลาบด แป้ง เกลือ น้ำตาล ผงชูรส พริกไทย และโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 64.49 11.38 18.96 1.65 2.48 0.41 0.38 และ 0.25 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกเมื่อนำมาแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่องแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิคซึ่งมีอุณหภูมิภายในเครื่อง -40 องศาเซลเซียสใช้เวลา 22 นาที ในขณะที่แช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าซึ่งมีอุณหภูมิภายในเครื่อง -20 องศาเซลเซียสใช้เวลา 1 ชั่วโมง 18 นาที และพบว่าความชอบรวมของลูกชิ้นที่ผ่านการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธีและลูกชิ้นที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคภายในอำเภอหาดใหญ่จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคมีการยอมรับในระดับปานกลางถึงสูง และผู้บริโภคร้อยละ 67 ยินดีซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 25 บาทต่อน้ำหนักบรรจุ 250 กรัม โดยต้นทุนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึก (เฉพาะวัสดุสิ้นเปลือง) มีค่าเท่ากับ 7.68 บาทต่อน้ำหนัก 250 กรัม

การเก็บรักษาลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิคที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ในสภาพสุญญากาศและสภาพธรรมดา พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ความชื้นลดลงโดยที่การบรรจุแบบธรรมดา

มีการสูญเสียความชื้นมากกว่าแบบสุญญากาศ ($p<0.05$) ปริมาณของเหลวที่สูญเสียเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นโดยการบรรจุแบบสุญญากาศมีปริมาณการสูญเสียที่สูงกว่าการบรรจุแบบธรรมดา การบรรจุแบบธรรมดาให้ค่าสีที่แสดงถึงความสว่างของผลิตภัณฑ์ค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ ขณะที่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในสภาพธรรดาและสุญญากาศลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และไม่พบ Coliforms, *Escherichia coli, Salmonella sp. Staphylococcus aureus* และ *Vibrio parahaemolyticus* ตลอดอายุการเก็บรักษา การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าแม้คุณภาพของทุกๆ คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลง การเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ก็ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิม

Thesis Title Production and Quality Improvement of Frozen Cuttlefish Balls

Author Miss Duangrat Naksod

Major Program Food Technology

Academic Year 1995

Abstract

Production of cuttlefish balls from fin and by-product from freezing of cuttlefish fillet was studied using the basic formulation modified from Chu et., al. (1992). It was found that surimi and modified starch were able to substitute cuttlefish meat to improve texture and flavour. The optimum formula is comprises of proportion of cuttlefish:surimi :starch 68:12:20 of 94.83% and other ingredient, as follows salt, sugar, monosodiumglutamate pepper and sodium tripolyphosphate: 1.65%, 2.48%, 0.41%, 0.38% and 0.25%, respectively.

Freezing time of product using cryogenic freezing carbinet with inside temperature -60^{o} C was about 22 minutes whereas it took about 1 hour 18 minite when air blast freezer, with inside temperature of -20^{o} C was used. Sensory evaluation of product showed that overall acceptance of cryogenic quick frozen, airblast frozen product and unfrozen product were not significantly difference.

Consumer test using 100 people who live in Hatyai district showed that the developed product was moderately to highly accepted. In addition, 67% of consumers would be willing to pay 25 Bath per 250 g. of product, while, the product cost calculated from only the cost of consumable material, was 7.68 Bath per 250 g. of product.

The storage stability of the developed product at -20^{o} C for 12 weeks in 2 type of packages : atmospheric and vacuum packaging showed that changes in chemical composition of the product e.g. protein, fat, ash and TVB content were not significantly difference ($p>0.05$). The gradually decreased in moisture content of vacuum was less than atmospheric packed product($p<0.05$). The increase in drip loss of vacuum packed product was higher than atmospheric packed product throughout the storage period. The atmospheric packed product

showed higher lightness than the vacuum packed product. The total viable count of both typed product was significantly decreased ($p<0.05$) and pathogenic microorganism e.g. Coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* and *Vibrio parahaemolyticus* were not detected during the storage period. Although, the acceptability was decreased when the storage time increased, it was still acceptable after 12 weeks storage.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพรัตน์ โสภโณดร ประธานกรรมการที่ปรึกษา อาจารย์พิทยา อดุลยธรรม และอาจารย์ก่องกาญจน์ อังสุภานิช กรรมการที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาแนะนำในการค้นคว้าวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์มุทิตา มีนุ่น กรรมการผู้แทนภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร ดร.ชัยรัตน์ ศิริพัธนะ กรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคุณยาย คุณพ่อ คุณแม่ พี่ณเรศ และน้องพร ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณบริษัทเทพพิทักษ์ซีฟูดส์ จำกัด และบริษัทแมนเอฟรอสเซนฟูดส์ จำกัด ที่สนับสนุนวัตถุดิบในการวิจัย บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้เงินทุนสนับสนุนบางส่วน พี่พรชัย ศรีไพบูลย์ เจ้าหน้าที่ของภาควิชาคณะอุตสาหกรรมเกษตร และเพื่อนๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ดวงรัตน์ นาคสด

สารบาญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบาญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพ	(12)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
ตรวจเอกสาร	3
วัตถุประสงค์	29
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	30
3 ผลและวิจารณ์	38
4 สรุป	67
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	78
ประวัติผู้เขียน	111

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	องค์ประกอบของ Canadian Atlantic Squid (*Illex illecebrosus*)	12
2.	ปริมาณไลซีนในอาหารชนิดต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกรัมของไนโตรเจนทั้งหมด)	12
3.	การใช้ประโยชน์ปลาหมึกในประเทศญี่ปุ่น	20
4.	องค์ประกอบทางเคมีของเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด และแป้ง	39
5.	อัตราส่วนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน	41
6.	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน	43
7.	คะแนนรวมจากการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกจากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1	45
8.	คะแนนรวมจากการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกจากการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2	45
9.	ผลของปริมาณพริกไทยต่อคุณภาพบางประการของลูกชิ้นปลาหมึก	48
10.	ปริมาณสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมของลูกชิ้นปลาหมึกที่พัฒนาแล้ว	48
11.	ความถี่และคะแนนรวมของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของผู้บริโภค	54
12.	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบรวมของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก	57
13.	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	58
14.	คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	63

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15.	ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่บรรจุแบบสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ	64
16.	ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่บรรจุแบบธรรมดาระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ	65
17.	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	66
ตารางภาคผนวกที่		
ง1.	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกส่วนผสมระหว่างเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้ง	100
ง2.	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่คัดเลือกเครื่องปรุงรส	101
ง3.	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่ใช้วิธีการแช่เยือกแข็งต่างกัน	102
ง4.	ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	103
ง5.	ค่าความแปรปรวนทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	105
ง6.	ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	106

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง7.	ค่าความแปรปรวนของค่าสีที่วัดได้จากเครื่อง Juki ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์	109
จ1.	ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์	110

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	การจัดแบ่งกลุ่มปลาหมึก	4
2.	ถุงเม็ดสีที่หนังปลาหมึก (*Loligo peali*)	5
3.	องค์ประกอบของกล้ามเนื้อปลาหมึก	7
4.	การจัดเรียงตัวของเนื้อปลาหมึก A : กล้ามเนื้อแนววงกลม (circular muscle,cm) และกล้ามเนื้อแนวรัศมี (radial muscle,rm), B : ชั้น outer tunic	7
5.	โครงสร้างทางกายภาพของครีบปลาหมึกกระดอง	8
6.	รูปร่างและลักษณะปลาหมึกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย	10
7.	A : ลักษณะกล้ามเนื้อปลาหมึกสด B : กล้ามเนื้อปลาหมึกหลังให้ความร้อน	15
8.	การเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจนในเนื้อปลาหมึกเมื่อได้รับความร้อน	16
9.	ขั้นตอนการผลิตปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็ง (frozen cuttlefish fillet) และของเสียที่เกิดขึ้น	25
10.	ขั้นตอนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน	32
11.	แผนภาพการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ ก: ครั้งที่ 1 ข: ครั้งที่ 2	34
12.	ขั้นตอนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึก	35
13.	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน	42
14.	เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกชุดควบคุมและชุดที่มีการเติมพริกไทยร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ	47
15.	เค้าโครงลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก (สูตรพัฒนา)	49

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในบรรดาสินค้าเกษตรที่ส่งออกทั้งหมดของประเทศไทย สินค้าประมงและสินค้าจากการแปรรูปทางด้านการประมง นับได้ว่ามีปริมาณและมูลค่าสูงสุดเป็นอันดับหนึ่ง โดยพบว่าการส่งออกสินค้าประมงและอาหารทะเลกระป๋องในปี พ.ศ. 2536 มีมูลค่า 76,540 ล้านบาท สินค้าประมงยังมีโอกาสในการขยายตัวอีกมาก (มิตรภาพ ชลานุเคราะห์,2537)

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านการจับสัตว์น้ำอันเป็นอันดับ 6 ของโลกรองจากญี่ปุ่น รัสเซีย จีน สหรัฐอเมริกาและเกาหลีใต้ แต่ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมประมงยังประสบกับอุปสรรคนานัปการ นับตั้งแต่ความเสื่อมโทรมของทรัพยากรในน่านน้ำไทย การขาดแคลนวัตถุดิบ ต้นทุนการผลิตที่สูง ปัญหาแรงงาน อีกทั้งความขัดแย้งในประเทศระหว่างชาวประมงที่ประกอบธุรกิจเชิงพาณิชย์กับชาวประมงพื้นบ้าน ความขัดแย้งกับประเทศเพื่อนบ้านในการประมงนอกน่านน้ำไทย โดยเฉพาะการถูกยึดเรือ จับกุมลูกเรือและเรียกค่าไถ่ในเขตน่านน้ำพม่า เวียดนาม มาเลเซีย ฯลฯ นอกจากนี้ในด้านการส่งออกยังมีการกีดกันทางการค้า รวมทั้งมาตรฐานของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (มิตรภาพ ชลานุเคราะห์,2537) ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ล้วนส่งผลต่อผู้ผลิตในอุตสาหกรรมทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นนอกจากการผลิตผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีแล้ว ควรจะเน้นการใช้ประโยชน์ผลผลอยได้หรือวัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการอีกทางหนึ่งด้วย

ปลาหมึกเป็นสัตว์น้ำชนิดหนึ่งที่สามารถจับได้พร้อมกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ในปี พ.ศ. 2535 ปริมาณปลาหมึกที่ไทยจับได้รวมทั้งสิ้น 150,300 ตัน ประกอบด้วยปลาหมึกกล้วย 64,800 ตัน ปลาหมึกกระดอง 65,000 ตัน และปลาหมึกสาย 20,500 ตัน (กรมประมง,2538) ปลาหมึกมีส่วนที่บริโภคได้ประมาณร้อยละ 80 โดยเป็นส่วนลำตัวร้อยละ 50 และส่วนหัวร้อยละ 30 (Borgstrom,1965) เนื่องจากเนื้อสัมผัสที่เหนียวและคล้ายยางจึงทำให้การบริโภคไม่แพร่หลายยกเว้นประเทศญี่ปุ่นที่นิยมบริโภคปลาหมึกกันอย่างกว้างขวางและมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆมากมาย โดยส่วนใหญ่จะนิยมบริโภคปลาหมึกกระดองและปลาหมึกกล้วย โดยที่ปริมาณ

การบริโภคมากกว่าในประเทศสเปน ซึ่งเป็นผู้บริโภคกลุ่มใหญ่รองลงมาประมาณ 6 เท่า (Kreuzer,1984) แต่ในปัจจุบันการบริโภคเริ่มขยายขึ้นทั้งในเอเชีย ยุโรปและอเมริกา

สำหรับการบริโภคในประเทศไทยยังคงมีน้อย คนไทยนิยมบริโภคปลาหมึกกล้วยทุกชนิดในรูปแบบของปลาหมึกแห้ง ต้ม ย่าง ผัด และทอด ทรัพยากรส่วนใหญ่ที่จับได้ยังคงมุ่งเน้นเพื่อการส่งออกในรูปของปลาหมึกแช่เยือกแข็งและผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปแล้วโดยที่ปลาหมึกแช่เยือกแข็งเป็นอุตสาหกรรมหลักในปีพ.ศ. 2531 ไทยส่งปลาหมึกแช่เยือกแข็งเป็นสินค้าออกจำนวน 58,764 ตัน มูลค่า 3,890.7 ล้านบาท ในปี พ.ศ.2535 ปริมาณ 63,404 ตัน มูลค่า 5,651.5 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละประมาณ 7.31 และ 31.16 ตามลำดับ ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญของไทยได้แก่ ญี่ปุ่น อิตาลี ฝรั่งเศส เยอรมัน สเปน ฮ่องกง สหรัฐอเมริกา (นิรนาม,2535; กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2535)

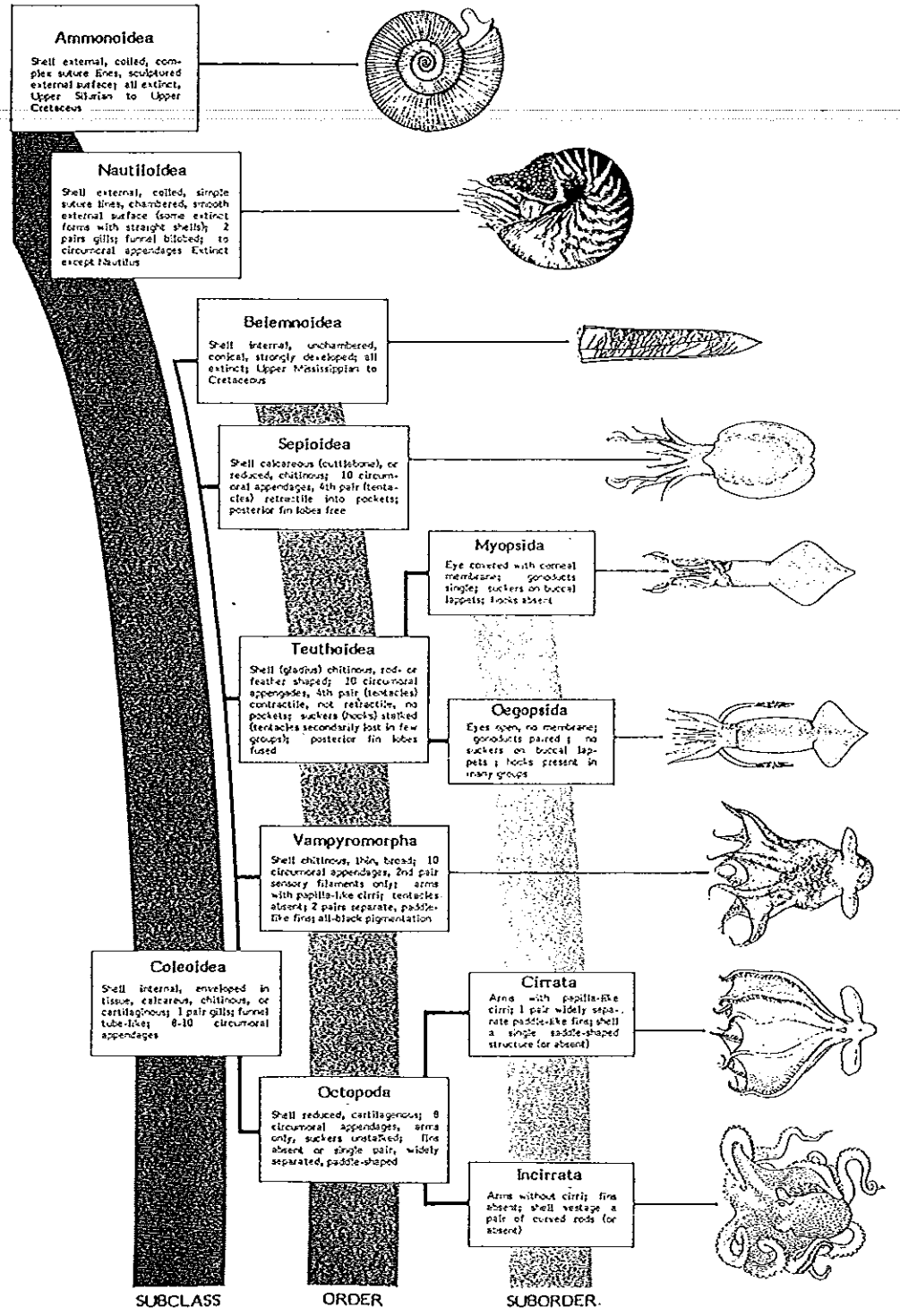
ในกระบวนการผลิตปลาหมึกแช่เยือกแข็งจะมีผลพลอยได้คือครีบ และจากขั้นตอนการตัดแต่งเพื่อให้รูปทรงสวยงาม จะมีวัสดุเศษเหลือประเภทเศษเนื้อเกิดขึ้นและเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวทางอุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง การนำเศษเนื้อนี้มาใช้ประโยชน์เพื่อการบริโภคค่อนข้างจะมีข้อจำกัดเพราะมีขนาดเล็ก มีความเหนียว ยากต่อการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อแต่สามารถสับให้ละเอียดด้วยเครื่องสับผสม (silent cutter) แล้วนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม เช่น ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น เป็นต้น

การนำเนื้อปลาหมึกมาแปรรูปเป็นลูกชิ้นมีข้อด้อยคือ มีความสามารถในการเกิดเจลต่ำแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนที่ละลายในเกลือมากถึงร้อยละ 69.8 ของโปรตีนละลายทั้งหมด (Saffle and Galbreath,1964) เนื่องจากเนื้อปลาหมึกบดจะแสดงการหดตัวอย่างรุนแรงและไล่น้ำออกจากโครงสร้างของเจลจนเกิดรอยแตกที่ผิว (Kim,1988) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อนำไปสู่การผลิตและปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึกให้เป็นที่ยอมรับทางการค้าและการใช้ประโยชน์ครีบและเศษปลาหมึกจากอุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็งอย่างเต็มประสิทธิภาพ

ตรวจเอกสาร

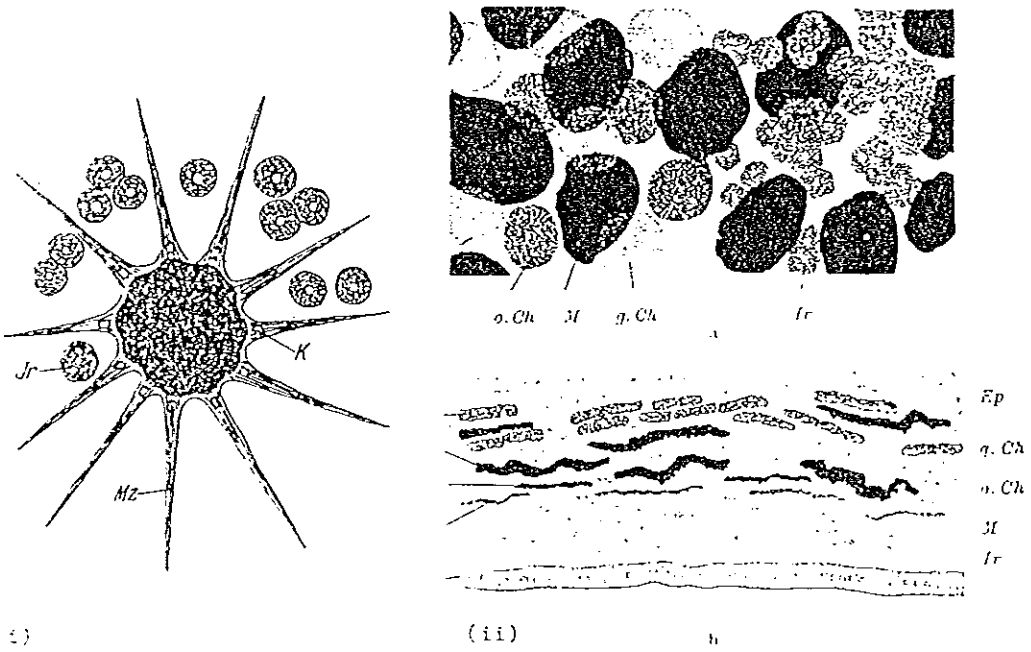
1. ลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของปลาหมึก

ปลาหมึกเป็นสัตว์ทะเลซึ่งไม่มีกระดูกสันหลังจัดอยู่ในไฟลัม mollusca คลาส cephalopod และซับคลาส coleoidea (ภาพที่ 1) ปลาหมึกมีรูปร่างกลมยาว บางชนิดมีลักษณะเป็นทรงกลมคล้ายถุงพองลม แบ่งออกเป็นส่วนหัวและลำตัว ไม่มีเปลือกหุ้มภายนอก มีตาขนาดใหญ่อยู่ตรงส่วนหัว มีระยางค์รอบปาก 8-10 เส้น แต่ละเส้นมีปุ่มดูดเรียงเป็นแถวมีหน้าที่จับเหยื่อเข้าปากและช่วยในการผสมพันธุ์ ภายในปากมีเขี้ยวสองอัน คือ เขี้ยวบน และเขี้ยวล่าง ลักษณะคล้ายปากนกแก้ว ตรงปลายสุดของท่อทางเดินอาหารมีถุงบรรจุน้ำสีดำติดอยู่เรียกว่า "ถุงหมึก" ซึ่งพร้อมที่จะพ่นสารสีดำออกมาทางท่อน้ำออกเมื่อถูกรบกวนหรือต้องการหลบหลีกศัตรู ผิวของปลาหมึกมีถุงเม็ดสี (chromatophore) กระจายอยู่ทั่วไป ถุงเม็ดสีดังกล่าวเป็นภาชนะบรรจุสารให้สีที่อยู่ตามผิวของลำตัว ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อที่สามารถขยายตัวได้ โดยการควบคุมของเส้นประสาทเมื่อได้รับแสงสว่าง กล้ามเนื้อที่ติดอยู่กับผนังเซลล์ในสภาพพักตัว ถุงเม็ดสีจะมีขนาดเล็กและกลม เม็ดสีจะมีปริมาณเล็กมาก มีผลให้หนังปลาหมึกมีสีจาง แต่เมื่ออยู่ในน้ำลึกได้รับแสงสว่างไม่พอ ผนังถุงเม็ดสีจะเปิดกว้างทำให้เม็ดสีมีขนาดใหญ่มีผลให้สีของลำตัวคล้ำขึ้น ปลาหมึกบางชนิดอาจมีเม็ดสีได้ถึง 3 สี (ภาพที่ 2) หลังจากปลาหมึกตาย สมองไม่สามารถควบคุมการทำงานได้ มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายประการเช่น การเปลี่ยนจากสีเข้มเป็นสีจางภายใน 1 ชั่วโมงหลังการตาย ปลาหมึกแห้งที่มีผิวสีดำเกิดจากการขยายตัวของเม็ดสี เนื่องจากนำปลาหมึกสดมาทำให้แห้งอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สีดำอาจเกิดขึ้นได้ขณะเก็บในที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือขณะคายความเย็น เนื้อปลาหมึกอาจเกิดสีแดงเนื่องจากเม็ดสีแตกและสัมผัสกับสารที่เป็นด่างเช่น แอมโมเนีย หรือด่างที่ระเหยได้ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน มยุรี จัยวัฒน์ (2527) กล่าวว่าปลาหมึกกล้วยหลังจากตาย ผิวหนังจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือสีแดง เนื่องจากมีการแตกของเม็ดสีที่อยู่ชั้นใต้ผิวและชั้นของหนังจริงเข้าไปละลายในเนื้อ การแตกของเม็ดสีอาจเนื่องมาจากการถูกกระทบกระแทกหรือถูกทำลายขณะแช่เยือกแข็ง ในการผลิตปลาหมึกแช่เยือกแข็งถ้ารีบทำอย่างรวดเร็ว มีการลอกหนังทิ้งก่อนที่เซลล์เม็ดสีจะแตกอาจช่วยป้องกันได้มาก ในอุตสาหกรรมจึงนิยมให้มีการลอกหนังก่อนนำส่งโรงงาน ส่วนการเปลี่ยนสีของปลาหมึกกระดองมักเกิดจากปฏิกริยาของไขมันกับออกซิเจน ทำให้เนื้อมีสีเหลืองหรือไม่ขาวเหมือนธรรมชาติ ในบางฤดูกาลเช่นฤดูที่ปลาหมึกมีไข่มักพบว่าเนื้อส่วนท้องมีสีเหลืองอ่อน



ภาพที่ 1 การจัดแบ่งกลุ่มปลาหมึก

ที่มา : Roper และคณะ (1984)



ภาพที่ 2 ถุงเม็ดสีที่หนังปลาหมึก

(I) Single chromatophore of *Sepiola officinalis* surrounded by muscle cells

Mz = muscle cell

Ir = iridocyte

K = nucleus of muscle

(ii) Skin of *Sepia officinalis*

M = black chromatophores

g Ch = yellow chromatophores

o Ch = orange chromatophores

Ir = iridocytes

Ep = epidermis

a = top view

b = side view

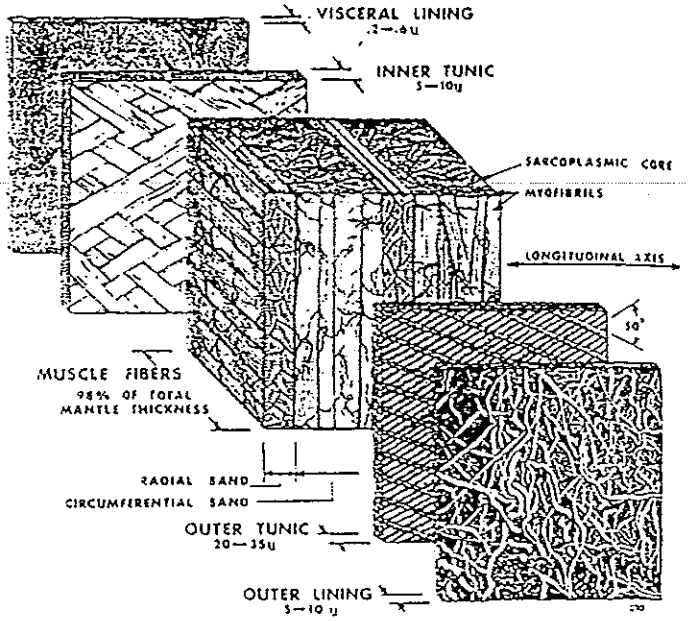
ที่มา : Kreuzer (1984)

แม้ปลาหมึกนั้นจะสดมากก็ตาม การแช่ปลาหมึกในน้ำเกลือเย็นจะช่วยให้สีเนื้อดีขึ้นแต่จะไม่ขาวเลยทีเดียว

ถัดจากหนังเป็นกล้ามเนื้อซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 5 ชั้น (ภาพที่ 3) ชั้นกลางคือเส้นใยกล้ามเนื้อมีความหนาประมาณร้อยละ 98 ของความหนาลำตัว ประกอบด้วยเซลล์รูปยาววางตัวในลักษณะสลับกันของกล้ามเนื้อแนววงกลม (circular muscle,cm) และกล้ามเนื้อแนวรัศมี (radial muscle,rm) (ภาพที่ 4:A) ชั้นที่อยู่ถัดไปทั้งสองด้านเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นนอกและชั้นในซึ่งเป็นเส้นใยคอลลาเจน มีปริมาณสูงกว่าเนื้อปลาถึง 3 เท่า (Guthworth, *et al.*,1982) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อคอลลาเจนที่เป็นเกลียวหมุนประสานกันไปทางซ้ายและขวาทำมุม 27 องศากับแกนกลางของลำตัว (ภาพที่ 4:B) ชั้นที่อยู่ด้านนอกสุดและด้านในสุดคือ outer lining และ visceral lining ตามลำดับ ชั้นนี้ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่ไม่ใช่เส้นใยโปรตีน ดังนั้นการเสียสภาพเนื่องจากความร้อนของกล้ามเนื้อแต่ละชั้นจึงเกิดต่างกัน เช่น การเกิดเจลหรือการละลายของคอลลาเจนและการแข็งตัวของไมโอไฟบริลอันมีผลต่อเนื้อสัมผัสของปลาหมึก (Kreuzer,1984; Otwell and Giddings, 1980; Ward and Wainwright,1972)

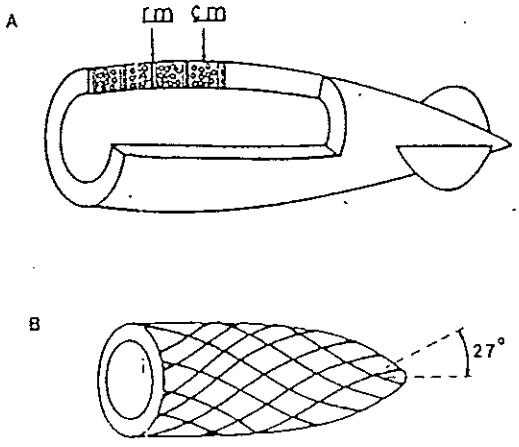
เส้นใยกล้ามเนื้อของปลาหมึกประกอบด้วยไมโอไฟบริลลาที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 1.4 ไมโครเมตรส่วนใหญ่วางตัวเป็นแนวเฉียง (obliquely striation) รอบแกนซาร์โคพลาสมิกซึ่งประกอบด้วยไมโตคอนเดรียและนิวเครียสทำมุม 16-17 องศากับแกนหลัก การจัดเรียงตัวและการทำงานของกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีความสำคัญต่อการว่ายน้ำของปลาหมึกคือขณะที่กล้ามเนื้อแนววงกลมคลายตัวกล้ามเนื้อแนวรัศมีจะหดตัวทำให้ช่องว่างระหว่างลำตัวมีขนาดมากขึ้น น้ำจะไหลเข้าไปในช่องว่าง จากนั้นปฏิกริยาจะเกิดตรงกันข้ามคือ กล้ามเนื้อแนววงกลมหดตัวมีผลให้ร่องของกล้ามเนื้อตรงขอบแมนเทิลกับส่วนหัวประกบกันอย่างแนบชิด ช่องน้ำเข้าจึงถูกปิด ทำให้เกิดแรงดันน้ำเพิ่มขึ้น จากนั้นน้ำจะถูกดันให้ผ่านทางท่อน้ำออกอย่างรวดเร็ว ซึ่งท่อนี้สามารถหันเหไปได้ตามทิศทางที่ต้องการ เป็นวิธีการที่ทำให้ปลาหมึกสามารถเคลื่อนตัวไปตามทิศทางที่ต้องการได้อย่างว่องไว (Barnes,1972) จึงสามารถจับสัตว์ขนาดเล็กเช่น หอยสองฝา ปู กุ้ง เคย ปลาขนาดเล็กหรือจับปลาหมึกพวกเดียวกันกินเป็นอาหาร

ส่วนท้ายของลำตัวมีแผ่นครีบอยู่ด้านข้าง 1 คู่ จับยึดกันด้วยแผ่นที่มีลักษณะคล้ายกระดูกอ่อนเรียก fin cartilage โครงสร้างของครีบประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 5 ชั้น ชั้นนอกสุดของด้านบนและด้านล่างของครีบเป็นชั้น epidermis รองลงมาเป็นชั้น dermis ซึ่งเป็น epithelium วางตัวล้อมรอบชั้นกล้ามเนื้อซึ่งแทรกอยู่บนผังผืด 3 อันคือ dorsal fascia, ventral fascia และ



ภาพที่ 3 องค์ประกอบของกล้ามเนื้อปลาหมึก (*Loligo peali*)

ที่มา : Otwell และ Giddings (1980)

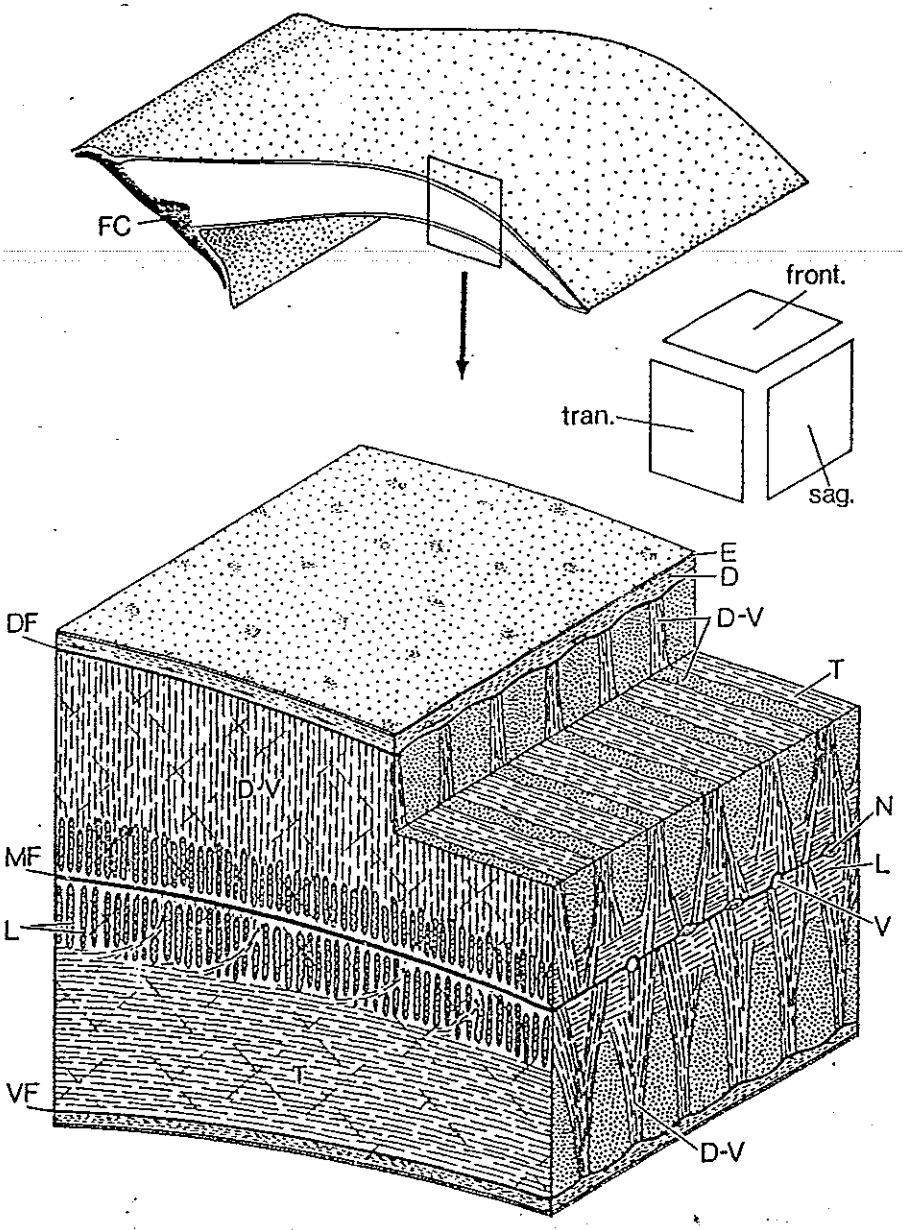


ภาพที่ 4 การจัดเรียงตัวของเนื้อปลาหมึก

A : กล้ามเนื้อแนววงกลม (circular muscle,cm)
และกล้ามเนื้อแนวรัศมี (radial muscle,rm)

B : ชั้น outer tunic

ที่มา : Ward และ Wainwright (1972)



ภาพที่ 5 โครงสร้างทางกายภาพของครีบปลาหมึกกระดอง

D : dermis	MF : median fascia
DF : dorsal fascia	N : fin nerve
D-V : dorsal-ventral muscle	T : transverse muscle
E : epidermis	V : blood vessel
FC : fin cartilage	VF : ventral fascia
L : longitudinal muscle	

ที่มา : Kier (1989)

medium fascia จึงทำให้กล้ามเนื้อถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ dorsal และ ventral ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่มีการจัดเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นใน 3 ทิศทาง (ภาพที่ 5) คือ

1. transverse muscle มีทิศทางจากฐานไปยังปลายครีบ

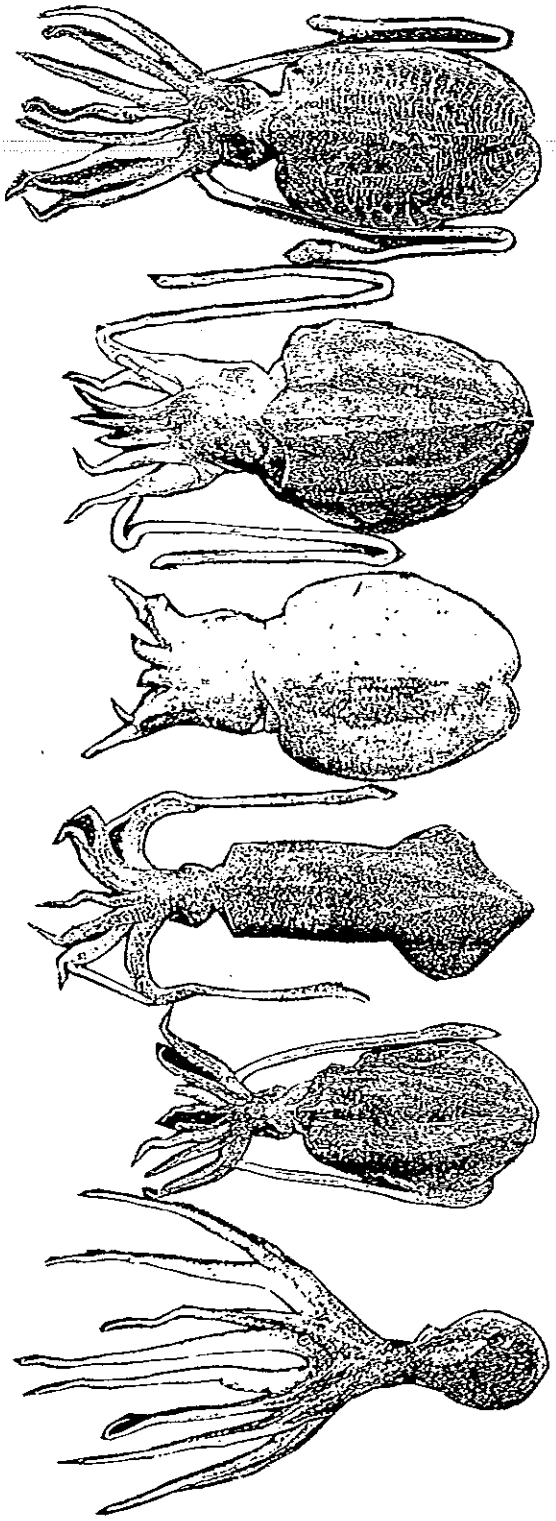
2. dorso-ventral muscle ปลายทั้งสองด้านของเส้นใยกล้ามเนื้อยึดติดกับผังผืดโดยที่กล้ามเนื้อด้านที่ติดกับ dorsal fascia มีความหนาน้อยกว่า medial fascia ในส่วน ventral ก็เป็นลักษณะเดียวกัน วางตัวขวางกับ transverse muscle ทะลุผ่าน longitudinal muscle เพื่อจับกับ medial fascia

3. longitudinal muscle อยู่ติดกับผิวของ medial fascia ทั้งสองด้านโดยด้าน ventral จะมีความหนามากกว่า และมีความหนาจากมากไปน้อยเรียงจากฐานไปยังปลายครีบ (Kier,1989)

ปลาหมึกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจจำแนกได้ 3 กลุ่ม ตามลักษณะรูปร่างที่ต่างกันคือ (Roper, *et al.*, 1984; สุรินทร์ มัจฉาชีพ, 2532)

1. ปลาหมึกกระดอง (cuttlefish) อยู่ในครอบครัว sepiide ส่วนหัวและลำตัวแยกจากกัน ลำตัวป้อมสั้นรูปไล่ ด้านข้างมีครีบแผ่แบนยาวเกือบตลอดลำตัว ส่วนหัวมีหนวดยาว 2 เส้นและหนวดสั้นจำนวน 8 เส้น ตาครอบคลุมด้วยเยื่อโปร่งใส ภายในลำตัวมีกระดอง (cuttle bone) รูปใบหอกเรียกว่า "ลิ้นทะเล" เป็นสารประกอบพวกหินปูน ทำหน้าที่เป็นโครงค้ำจุนร่างกาย นอกจากนั้นยังทำหน้าที่เหมือนถุงลมในสัตว์จำพวกปลา เนื่องจากโครงสร้างภายในมีลักษณะเป็นปล้องและมีช่องว่างระหว่างปล้องบรรจุด้วยของเหลวและก๊าซ ปลาหมึกกระดองที่พบในประเทศไทยมี 3 ชนิดดังแสดงในภาพที่ 6 ชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูงตามผิวทะเลในตอนกลางคืนส่วนกลางวันจะหลบอยู่ที่พื้นทะเล

2. ปลาหมึกกล้วย (squids) อยู่ในครอบครัว loliginidae ส่วนหัวและลำตัวแยกจากกัน ลำตัวเป็นท่อนกลมเรียว ทางด้านท้ายมีครีบรูปสามเหลี่ยม 1 คู่ ทำให้ดูคล้ายหัวลูกศร ด้านที่มีหัวมีหนวดยาว 2 คู่ หนวดสั้น 4 คู่ บนหนวดทุกเส้นมีปุ่มดูดที่ก้านรองรับ chitinus ring ในลำตัวมีกระดองใสคล้ายแผ่นพลาสติกบาง เรียกว่า pen มีหน้าที่พยุงลำตัวและเป็นที่ยึดเกาะของกล้ามเนื้อ ปลาหมึกกล้วยที่พบในประเทศไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Loligo duvaucei* Orbigny และยังมีปลาหมึกอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ในครอบครัวเดียวกันคือปลาหมึกหอม (*Sepioteuthis lessoniana*) ซึ่งลำตัวเป็นรูปทรงกระบอกสั้นด้านข้างมีครีบขนาดใหญ่แผ่กว้างยาวเกือบตลอดลำตัว ทั้งสองชนิดชอบอาศัยอยู่รวมกันเป็นฝูง ในเวลากลางวันจะหลบอยู่ตามพื้นทะเลและออกหากินกลางคืนใกล้ผิวน้ำ



ปลาหมึกกระดองลายเสือ

(*Sepia pharaonis* Ehrenberg)

ปลาหมึกกระดอง

(*Sepia bremana* Steenstrup)

ปลาหมึกกระดอง

(*Sepia recurvirostris* Steenstrup)

ปลาหมึกกล้วย

(*Loligo duvauceli* Orbigny)

ปลาหมึกหอม

(*Sepioteuthis lessoniana* lesson)

ปลาหมึกสาย

(*Octopus membranaceous* Qouy)

ภาพที่ 6 รูปร่างและลักษณะปลาหมึกที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย

ที่มา : องค์การสะพานปลา (2537)

3. ปลาหมึกสาย (octopus) อยู่ในครอบครัว Octopodidae ส่วนหัวและลำตัวติดกัน ลำตัวค่อนข้างกลมคล้ายลูกโป่ง ไม่มีกระดองและครีบ หนวดมีจำนวน 8 เส้นมีความยาวใกล้เคียงกัน ฐานของหนวดมีผังผืด (web) เชื่อมติดกัน หนวดมีปุ่มดูดเรียงกันเป็นแถว 2 แถว ไม่มี chitinus ring ชนิดที่พบในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นปลาหมึกสายเล็ก (*Octopus membranaceous*) ซึ่งมีพื้นลำตัวสีเทาอมดำ พบอยู่ตามพื้นทะเล

2. องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการ

องค์ประกอบทางเคมีของปลาหมึกประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และน้ำร้อยละ 17 1.2 และ 78 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ปริมาณและองค์ประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาหมึกแตกต่างจากปลาคือ ในไมโอไฟบริลาโปรตีนโมเลกุลของไมโอซินในปลาหมึกถูกทำลายได้ง่าย โครงสร้างมีความต้านทานทริปซินต่ำ และทนความร้อนได้น้อยจึงถูกย่อยได้เร็วกว่าไมโอซินจากปลาซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อายุการเก็บของปลาหมึกแช่เยือกแข็งสั้นเพียง 1 ปีเท่านั้น ส่วนจุดไอโซอิเลคตริคของปลาหมึกอยู่ในช่วงความเป็นกรดสูงกว่าปลา ดังนั้นในการละลายเกลือเนื้อปลาหมึกจึงพองตัวได้มากกว่าเนื้อปลา สำหรับโปรตีนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันพบว่าคอลลาเจนในปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกสายนั้นมีการหดตัวเมื่อได้รับความร้อนที่ 49° ซ นอกจากนั้นยังพบปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน อะมีน ไนโตรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าคอลลาเจนของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

เนื้อปลาหมึกเป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง ย่อยได้ง่าย และมีคุณค่าทางชีววิทยา (biological value) ของโปรตีนสูง เพราะว่าประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย (Kreuzer,1984) Sugimura และคณะ (1954) กล่าวว่าโปรตีนของเนื้อปลาหมึกมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายทุกชนิดโดยที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนพวก อาร์จินีน กรดแอสพาร์ติก กรดกลูทามิก และลูซีน ในปริมาณที่สูง แต่มีปริมาณของฮิสติดีน ไลซีน และเมทิโอนีนต่ำกว่าสัตว์มีกระดูกสันหลัง Kreuzer (1986) ได้รายงานไว้ว่าปริมาณไลซีนในปลาหมึกต่ำกว่าปลาแต่สูงกว่าอาหารจำพวกแป้ง นม และไข่ (ตารางที่ 2) Konosu และคณะ (1958) รายงานว่ากรดอะมิโนที่พบมากที่สุดในเนื้อปลาหมึกคือโพรลีน และรองลงมาคือ ฮิสติดีน อาร์จินีน ส่วนรสหวานในเนื้อปลาหมึกเกิดเนื่องจากกรดอะมิโนที่มีไนโตรเจนเพียงหน่วยเดียว (mono amino nitrogen)(Simidu and Takeda, 1952) Endo และคณะ (1954) พบว่าเนื้อที่ให้รสชาติมากจะมีไกลซีนเป็นองค์ประกอบมากกว่าเนื้อที่ให้รสชาติน้อย

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของ Canadian Atlantic Squid (*Illex illecebrosus*)

องค์ประกอบ	ปลาหมึกสด			
	ทั้งตัว	ลำตัว	หนวด	เครื่องใน
โปรตีน	17.0	18.0	19.0	15.0
ไขมัน	1.2	1.0	0.6	32.0
ไกลโคเจน	0.8	1.0	0.4	-
น้ำ	78.0	79.0	79.0	49.0
เกลือแร่ ฯลฯ	1.3	1.0	1.1	2.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ke และคณะ (1979 อ้างโดย Kreuzer, 1984)

ตารางที่ 2 ปริมาณไลซีนในอาหารชนิดต่างๆ (มิลลิกรัมต่อกรัมของไนโตรเจนทั้งหมด)

อาหาร	ปริมาณไลซีน
ปลาหมึก	560
ปลาคอด	600
ปลาซาร์ดีน	570
ปลาโอแถบ	500
นม	480
ไข่	440
แป้งสาลี	130
ขนมปังขาว	120

ที่มา : Kreuzer (1986)

ไขมันในปลาหมึกส่วนใหญ่คือ ฟอสโฟไลปิด (ร้อยละ 97) ส่วนคลอเรสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ กรดไขมันอิสระ และสเตอรอลเอสเธอร์นั้นมีเล็กน้อย (Kreuzer, 1984) โดยที่ปริมาณไขมันจะมีสูงในเครื่องใน กรดไขมันที่มีความสำคัญมากที่สุดในแง่โภชนาการคือกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะโอเมก้า 3 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่เป็นโซ่ยาว และมีอิทธิพลต่อเมตาบอลิซึมในร่างกายเป็นอย่างมาก ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถที่จะสร้างได้ ยกเว้นพวกสาหร่ายทะเลและพืชสีเขียว นอกจากนั้นยังมีอุดมสมบูรณ์ในพวกปลาทะเล เช่น ปลาคอด ปลาเมคอรอล ปลาเซลมอน และกลุ่มมอลลัสที่อาศัยในทะเล เช่น ปลาหมึก

สำหรับวิตามินที่พบมากคือ วิตามินบี โดยเฉพาะบี 6 และไบโอติน ส่วนแร่ธาตุที่จำเป็น เช่น แคลเซียมซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดลักษณะไม่ต้องการที่เรียกว่าสตรูไวท์ ในปลาหมึกบรรจุกระป๋อง นอกจากนั้นยังมีฟอสฟอรัสซึ่งมีประโยชน์ในการสร้างกระดูกในเด็ก และธาตุเหล็กในปริมาณสูงอีกด้วย ปลาหมึกจึงเหมาะสมสำหรับเป็นอาหารของผู้ที่ควบคุมน้ำหนัก โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่มีปัญหาเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบเผาผลาญอาหารในร่างกาย และโรคหัวใจ

3. ผลของกระบวนการแปรรูปต่อคุณภาพเนื้อปลาหมึก

3.1 การเสียสภาพของโปรตีนเนื่องจากการแช่เยือกแข็ง

Joseph และ Perigreen (1988) ศึกษาการเก็บรักษาปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็ง (cuttlefish fillets) ที่ $-20\pm1^{\circ}$ ซ พบว่าเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน จะมีการสูญเสียน้ำเกิดขึ้นและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ในเกลือ ไนโตรเจนที่เป็นโปรตีน และแอลฟาไนโตรเจนลดลง เป็นเหตุให้รสหวานในผลิตภัณฑ์ลดลง เดือนที่ 10 เนื้อเริ่มกลายเป็นสีขาวหม่นๆ และเกิดสีเหลืองขึ้นด้านใน เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 เดือน พบว่าเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกมีความแน่นและเนื้อสัมผัสเหนียวคล้ายยาง มีรสหวานเล็กน้อยแต่หลังจากชิมให้ความรู้สึกว่ามีกลิ่นอับตกค้างในปาก

Nitisewojo (1987) กล่าวว่าปลาหมึกที่ผ่านการแช่เยือกแข็งเมื่อนำมาละลายน้ำแข็งจะให้น้ำหนักที่ลดลง สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าการแช่เยือกแข็งเป็นสาเหตุให้โครงสร้างและคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเชื่อมกันของไมโอไฟบริลลาโปรตีน Nitisewojo และ Hultin (1986) กล่าวว่าการให้ความร้อนกับปลาหมึกกล้วยแช่เยือกแข็งก่อให้เกิดการสลายตัวของไตรเมทิลลามีนออกไซด์เป็นไดเมททิลลามีนออกไซด์และฟอร์มาลดีไฮด์ ซึ่ง

ฟอร์มาลดีไฮด์เป็นสารที่ก่อให้เกิดการเชื่อมกันของโปรตีนอย่างรุนแรงเป็นเหตุให้เนื้อสัมผัสเหนียว (Walker,1964 อ้างโดย Nitisewojo,1987)

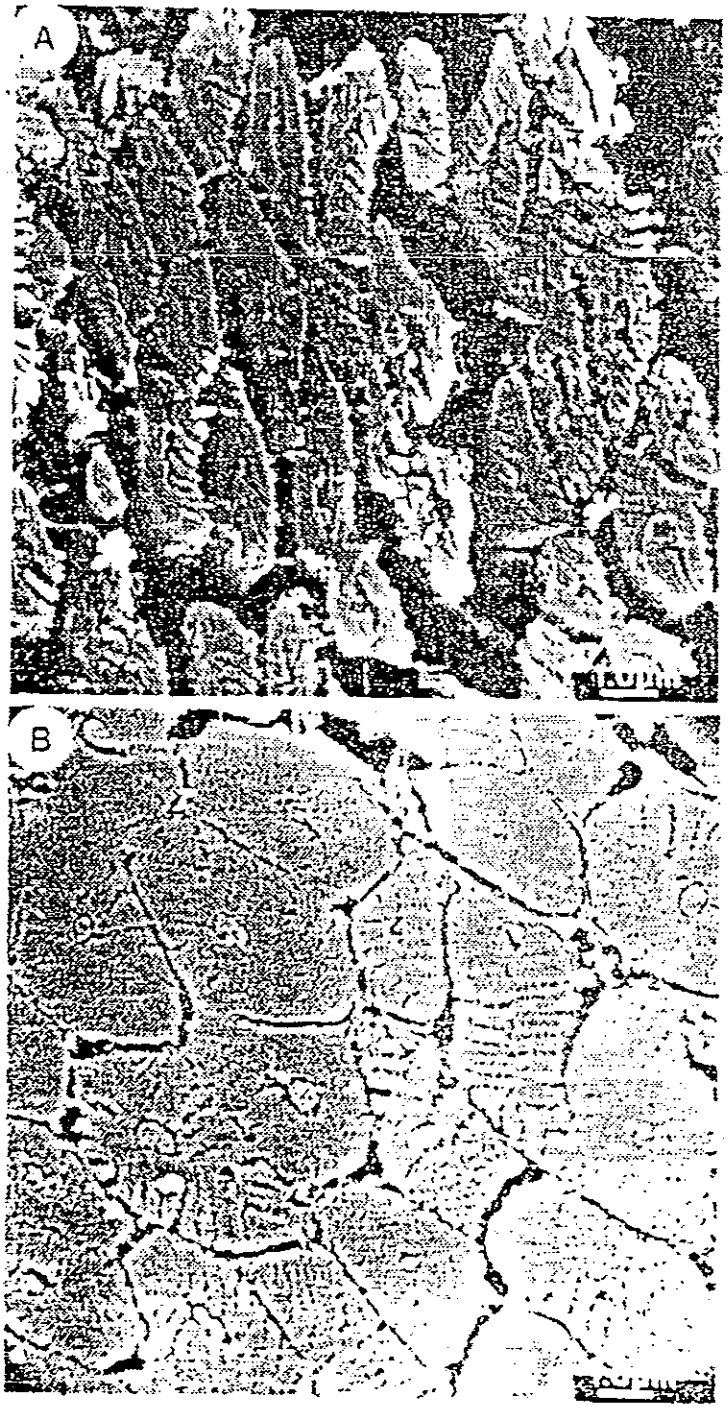
3.2 การเสียสภาพของโปรตีนเนื่องจากความร้อน

การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สิ่งแรกที่เกิดคือการหลอมรวมกันของไมโอไฟบริล จากนั้นมัดเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดเป็นเจลในอุณหภูมิที่สูงขึ้น อุณหภูมิในการหลอมตัวและเกิดเจลต่างกันขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่อยู่บนโครงสร้างดังนี้คือ ชั้น visceral lining เป็นชั้นที่ทนต่อความร้อนต่ำสุด จะเกิดการรวมตัวกันที่ 50° ซ และตกตะกอนติดอยู่บนชั้น inner tunic เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึง 60° ซ ชั้นเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อซึ่งเป็นส่วนหนาที่สุดมีการตกตะกอนของซาร์โคพลาสมิกโปรตีนในแกนกลางของเส้นไมโอไฟบริล ซาร์โคเลมมาแยกออกจากกันอย่างสมบูรณ์ ไมโอไฟบริลเริ่มแสดงการหดตัวและบีบน้ำออกตามผิว ต่อมาที่อุณหภูมิ 70° ซ ชั้น outer tunic จะเกิดการหลอมตัว ส่วนชั้น inner tunic จะเกิดการหลอมตัวเมื่อให้ความร้อนถึง 100° ซ เป็นเวลานาน 1 นาที โดยที่ความแตกต่างของอุณหภูมิในการหลอมตัวของเส้นใยคอลลาเจนในชั้น outer และ inner tunic เกิดเนื่องจากมีปริมาณของกรดอะมิโนชนิดไฮดรอกซีโพรลีนเป็นองค์ประกอบในเส้นใยต่างกัน (Otwell and Hamann,1979) การยืดเวลาในการให้ความร้อนที่ 100° ซ เป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวอย่างต่อเนื่องจนเกิดการม้วนตัวของเนื้อปลาหมึก โดยการหดตัวมีมากสุดหลังจากให้ความร้อนที่ 100° ซ นาน 5 นาที (Kreuzer,1986)

Stanley และ Smith (1984) นำปลาหมึกแช่เยือกแข็งไปต้มเป็นเวลา 32 นาที พบว่าเส้นใยโปรตีนมีการจัดเรียงตัวอย่างหนาแน่น การรวมกันของไมโอไฟบริล และแกนกลางพองตัว (ภาพที่ 7) และพบเม็ดโปรตีนที่เสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนบนผิวของเส้นใย

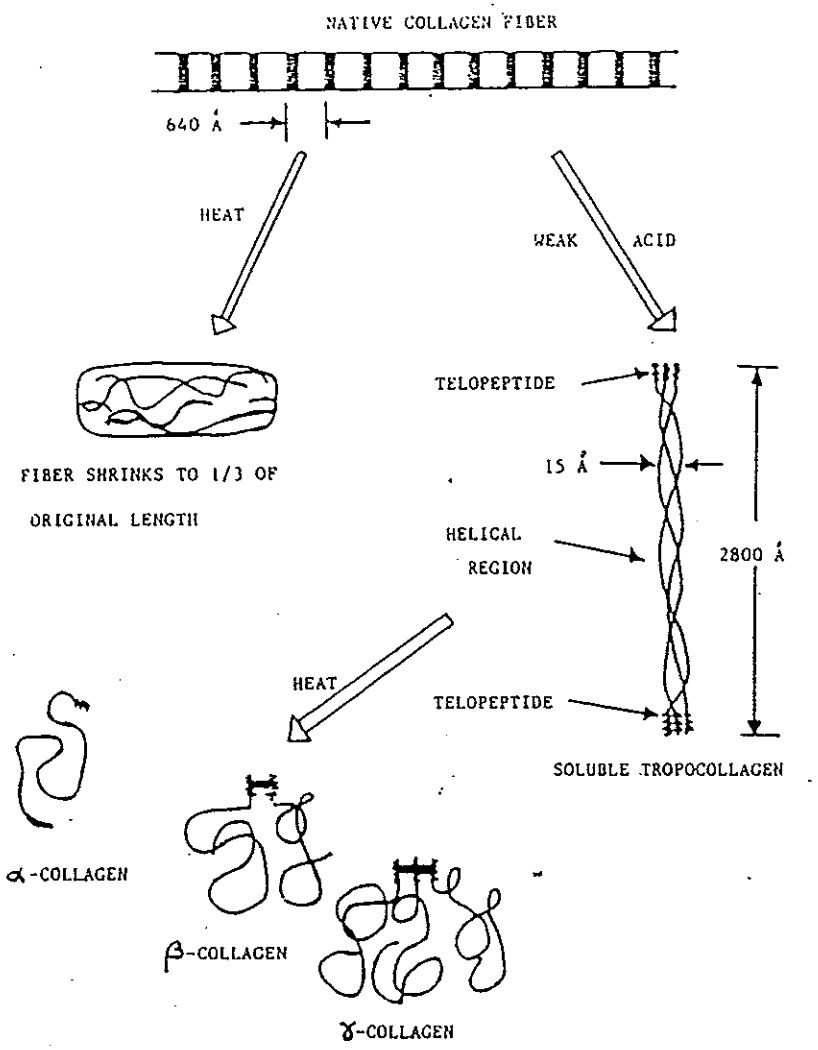
คอลลาเจนที่ได้รับความร้อนจะเกิดการหดตัวประมาณ 1 ใน 3 และกลายเป็นยาง การหดตัวเกิดขึ้นเนื่องจากการสลายของเกลียวโมเลกุลเส้นใยดังภาพที่ 8 เมื่อเส้นใยถูกสกัดในกรดอ่อน โทรโปคอลลาเจนบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นสารละลาย แต่ยังคงรักษาโครงสร้างและความยาวเหมือนเดิม เมื่อให้ความร้อนเพิ่มเข้าไปจะเกิดเกลียวอิสระของสายโพลี่เปปไทด์ ในสายโพลีเปปไทด์ที่ไม่มีการเชื่อมกันก็จะได้เบต้าหรือแกมมาคอลลาเจนซึ่งเป็นไดเมอร์และไตรเมอร์ตามลำดับ (Gosline and Shadwick,1983)

Synowieck และ Sikorski (1988) รายงานว่าความร้อนจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มไธออลซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติการทำหน้าที่ของโปรตีนในเนื้อปลาหมึก การทำให้เนื้อปลาหมึกสุกโดยให้ความร้อนที่ 98 องศาเซลเซียสนาน 45 นาที จะส่งผลให้กลุ่มไธออลที่มีอยู่ใน



ภาพที่ 7 A: ลักษณะกล้ามเนื้อปลาหมึกสด B : กล้ามเนื้อปลาหมึกหลังให้ความร้อน

ที่มา : Stanley และ Smith (1984)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของคอลลาเจนในเนื้อปลาหมึกเมื่อได้รับความร้อน

ที่มา : Gosline และ Shadwick (1983)

เนื้อปลาหมึก 90 ไมโครกรัมต่อกรัมโปรตีนลดลงประมาณร้อยละ 30 จากเริ่มต้น แต่เมื่อลดพันธะไดซัลไฟด์ของกลุ่มไธออลดังกล่าวด้วย $NaBH_4$ จำนวน 10 ไมโครกรัมต่อกรัมของโปรตีน พบว่าปริมาณกลุ่มไธออลในตัวอย่างทั้งดิบและสุกไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และยังพบว่าการให้ความร้อนแก่เนื้อปลาหมึกบดเป็นเวลา 15 นาที ทำให้เกิดไดเมธิลามีนและฟอร์มาลดีไฮด์อิสระมากกว่าตัวอย่างดิบถึง 18 เท่าและ 2 เท่าตามลำดับ

3.3 การสูญเสียความชื้น

ความชื้นของเนื้อปลาหมึกหลังทำให้สุกเป็นปัจจัยสำคัญต่อความรู้สึกเนียนเมื่อเคี้ยว แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียความชื้นในการทำให้สุกเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่พ้น เพราะว่าไมโอไฟบริลลาโปรตีนเสียสภาพโดยเกิดการเปลี่ยนแปลงการจัดเรียงตัวภายในโมเลกุล จึงสูญเสียความสามารถในการจับน้ำ (Otwell and Hamann,1979)

3.4 การสูญเสียโปรตีนเนื่องจากการล้าง

เนื้อปลาหมึกประกอบด้วยโปรตีนละลายน้ำมากกว่าปลาซึ่งได้มีการค้นพบว่าการแช่ปลาหมึกในน้ำที่อุณหภูมิ 100° ซ เพียง 1 นาที ทำให้สูญเสียปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 25 เทียบจากเริ่มต้น (โดยน้ำหนักเปียก)(Kreuzer,1986)

กล้ามเนื้อของปลาหมึกกล้วย (*Loligo peali*) ขนาดกว้าง 2-3 มิลลิเมตร เกิดการสูญเสียโปรตีนร้อยละ 21 ของน้ำหนักแห้งหลังจากแช่ในน้ำที่ 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที ร้อยละ 43 ในน้ำ 65° ซ และร้อยละ 38 ในน้ำ 100° ซ การสูญเสียที่ลดลงนี้อาจเนื่องมาจากโปรตีนเสียสภาพ ไม่มีการบันทึกถึงปริมาณการสูญเสียของเนื้อปลาหมึกที่แช่น้ำที่ 10° ซ นาน 2 นาที แต่ที่อุณหภูมิ 20° ซ มีการสูญเสียร้อยละ 1 ของน้ำหนักแห้ง และร้อยละ 4.5 ในน้ำที่อุหภูมิ 65° ซ ดังนั้นจะเห็นว่าถ้ามีการจัดการที่ดี สามารถลดการสูญเสียของสารอาหารนี้ในระหว่างการล้าง ลวก และอื่นๆ ได้ ในกรณีที่ต้องเก็บปลาหมึกไว้ในน้ำเป็นเวลาข้ามคืนจึงมีความจำเป็นต้องใช้น้ำเย็นและเก็บในตู้เย็น (Kreuzer,1986)

3.5 การเกิดกลิ่นในระหว่างการแปรรูป

Lee และคณะ (1989) ได้ศึกษาองค์ประกอบของสารระเหยในสภาวะเป็นกลางและเป็นด่างจากปลาหมึกที่อยู่ในระหว่างการแปรรูป พบว่าแยกได้ 38 ชนิด โดยแบ่งเป็นจากส่วนที่เป็นกลาง 31 ชนิดและจากส่วนที่เป็นด่าง 7 ชนิด องค์ประกอบหลักที่พบคือ 3-methylthiophene, 2-methyl-2-hexanthiol, 1-penten-3-ol, 3-ethyl-1,4-hexadiene, 1-hydroxy-2-propanone, hexenal, benzaldehyde และอื่นๆ กลิ่นที่วัดได้ขณะต้มคือ (E,E)-3,5-octadecanol ส่วนองค์ประกอบของกลิ่น

ที่ได้จากการปิ้งและย่างจะเป็นพวก 2,5-dimethyl pyrazine, 2-ethyl-6-pyrazine,2,3,5-trimethyl pyrazine และ 2-ethyl-3,5-dimethyl pyrazine

4. การใช้ประโยชน์จากปลาหมึก

ปลาหมึกนอกจากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งแล้ว ประเสริฐ สายสิทธิ์ (2524) รายงานว่าสามารถแปรรูปเป็นอาหารสำเร็จรูปได้หลายอย่างด้วยกันเช่น

4.1 ปลาหมึกกระป๋อง

นำปลาหมึกสดหรือปลาหมึกแช่เยือกแข็งมาดึงหัวและเครื่องในออกแล้วล้างให้สะอาด นำไปลวกเพื่อจะได้ลอกหนังออกได้ง่ายขึ้น (ใช้อุณหภูมิ 80-90° ซ) แล้วดึงเอากระดองออก นำไปต้มในน้ำเกลือ (ความหนาแน่น 1.02 ถึง 1.04 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ประมาณ 10 ถึง 15 นาทีเมื่อเสร็จแล้วก็พร้อมที่จะนำไปใช้บรรจุกระป๋องโดยวิธีปรุงต่างๆ กันได้ เช่น

4.1.1 ปลาหมึกกับเครื่องเทศ (squid au natural) ใช้เฉพาะส่วนหัวของปลาหมึกเท่านั้น โดยเอาปากและตาออก อาจจะบรรจุลงไปทั้งหัวหรือบรรจุเป็นชิ้นๆ ก็ได้ โดยเติมเฉพาะเครื่องเทศกับเกลือลงไป หรือจะทำเป็นแบบมีน้ำ ก็ใช้น้ำละลายกรดน้ำส้ม เกลือ พริกไทยและเครื่องเทศอื่นๆ ตามชอบ ใส่ลงไปในปริมาณไม่เกินกว่าร้อยละ 15 ของน้ำหนักสุทธิ วิธีที่นิยมทำกัน คือ นำปลาหมึกผ่าเอาเครื่องในออก ล้างน้ำให้สะอาดและต้มในน้ำเกลือร้อยละ 3-4 ประมาณ 12-15 นาที เมื่อต้มแล้วนำเอามาลอกหนังออก เอาตาออก แยกเอาหนวดออกแล้วใส่คืนเข้าไปในช่องท้อง นำไปบรรจุในกระป๋องที่เคลือบแลกเกอร์ เติมน้ำเกลือร้อยละ 2-3 นำกระป๋องไปปิดผนึกและนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120° ซ

4.1.2 ปลาหมึกยัดไส้ใส่ในน้ำมัน (stuffed squid in oil) เครื่องปรุงสำหรับทำไส้ได้แก่ หอยแมลงภู่ ปลิงทะเล และเนื้อปลาหมึก นำมาอย่างละเท่าๆ กัน สับผสมกับหัวหอม และเครื่องเทศยัดเข้าไปในตัวปลาหมึก หรือจะใช้เนื้อปลาผสมกับปลิงทะเล และเครื่องเทศทำเป็นไส้แทน จากนั้นบรรจุกระป๋อง เติมน้ำมันพืชลงไปประมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักสุทธิ ปิดผนึกแล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 120° ซ

4.1.3 สามเกลอ (Goulash of squid, trepang & mussels) ทำโดยนำเอาปลาหมึก ปลิงทะเล และหอยแมลงภู่ที่สุกแล้วมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ชุบแป้ง ทอดด้วยน้ำมันพืช 2 ถึง 4 นาที แล้วนำมาผสมกับหอมเจียว น้ำมัน เกลือ และเครื่องเทศ แล้วจึงนำไปบรรจุกระป๋องปิดผนึกและนึ่งฆ่าเชื้อที่ 120° ซ

4.1.4 ปลาหมึกรมควันในน้ำมัน (smoked squid in oil) นำปลาหมึกสดมาล้างเอาเครื่องในออก ตัดหัวออก แล้วล้างให้สะอาด ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำมาแช่น้ำเกลือ (ความหนาแน่น 1.18-1.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ประมาณ 10-15 นาที นำขึ้นจากน้ำเกลือเอามารมควันที่อุณหภูมิ 160-180° ซ เป็นเวลา 25-30 นาที หรือจนกระทั่งเนื้อปลาหมึกสุกและมีสีเหลืองอ่อนๆ เมื่อเย็นลงนำมาเติมน้ำมันประมาณร้อยละ 15 ของน้ำหนักสุทธิ ปิดผนึก และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่ 120° ซ

4.2 ปลาหมึกแห้ง นำปลาหมึกสดมาผ่าหัว เอาตา ปาก กระดอง และเครื่องในออก ถ้าเป็นปลาหมึกสายต้องใส่เกลือเพื่อขจัดเลือดและเมือกออก ล้างให้สะอาด จากนั้นนำออกมาตากแดด ถ้าเอาหนังที่หุ้มตัวปลาหมึกออกจะทำให้ปลาหมึกแห้งเร็วขึ้น การทำแห้ง ในระยะแรกใช้เวลา 20-30 ชั่วโมง จากนั้นนำปลาหมึกมาวางซ้อนๆ กันและใช้พลาสติกคลุมไว้ 2-3 วัน ปลาหมึกจะมีลักษณะเป็น elastic มากขึ้นเนื่องจากมีการแพร่กระจายความชื้นขึ้นภายในเนื้อเยื่อขึ้นมาใหม่ หลังจากนั้นจึงนำมาตากแดดให้แห้งอีกครั้งใช้เวลาประมาณสองถึงสามวัน

4.3 ปลาหมึกใส่เกลือ

นำปลาหมึกมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำเกลือร้อยละ 3-4 แล้วนำไปใส่ในถังหมักผสมกับเกลือในอัตราส่วนร้อยละ 20 ถึง 40 ใช้เวลาในการหมัก 30 ถึง 60 วันขึ้นกับปริมาณเกลือที่ใช้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาณเกลือในประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 และมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 60-70 ของน้ำหนักปลาหมึกสด

4.4 ปลาหมึกสายดอง (marinade)

นำปลาหมึกสายที่ทำความสะอาด ตัดและตกแต่งได้ขนาดแล้วมาต้มในน้ำเกลือร้อยละ 3-4 เป็นเวลา 40-60 นาที จากนั้นนำไปใส่ถังดอง เติมเกลือร้อยละ 8-10 กรดน้ำส้มร้อยละ 3-4 จากนั้นเติมเครื่องเทศและน้ำตาล ปิดผนึกถัง และเก็บไว้ในที่เย็นเป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์จึงนำออกมารับประทานได้

ญี่ปุ่นเป็นประเทศเดียวที่มีการนำปลาหมึกมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย ดังแสดงในตารางที่ 3 นอกจากการใช้ปลาหมึกเป็นอาหารโดยตรงแล้วยังมีการศึกษาเพื่อ ใช้ปลาหมึกเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายขึ้น เช่น การทำแห้งโดยวิธี spray-dried ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสว่างของสี แต่ได้ผลผลิตต่ำร้อยละ 29.4 สาเหตุหนึ่งมาจากการสูญเสียในระหว่างการล้าง แต่เมื่อทดลองกับอุปกรณ์ที่ออกแบบมาอย่างดีพบว่าลดการสูญเสียธาตุอาหารได้ และให้ผลผลิตสูงถึงร้อยละ 74 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 81 ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีความสามารถใน

Central Library
Prince of Songkla University

ตารางที่ 3 การใช้ประโยชน์ปลาหมึกในประเทศญี่ปุ่น

Product form	Specialized product	Raw material
Squid (including cuttlefish)		
Trunk and tentacles		
fresh	Sashimi	Various squids, in particular
	Tempura	*Todarodes pacificus*
Dried	Ichiban-surume	*Doryteuthis kensaki*
	Niban-surume	*T. pacificus*
	Kotsuki-ika	Sepia esculentia
	Ika-tokkuri	*T. pacificus*
Salted	Shio-ika	*Doryteuthis bleekeri* various
		squids, in particular
		T. pacificus
Canned		*D. bleekeri, T. pacificus*
Smoked		*T. pacificus*
Fermented	Paste	Various squids, in particular
	Fermented-salted	*T. pacificus*
	"Shiokara"	
	Kasuzuke, misozuke	
Kneaded	Kamaboko	*T. pacificus*
	Chikuwa	
	Sausage	
Preparations	Saki-ika	*T. pacificus*
	Sugata-yaki	
	Nobashi-surume	
Seasoned "Tsukudani"	Kizami-surume	Various species
Others		
Fresh	Vitamin B	Liver
	Squid sauce	Liver
	Squid oil	Liver
Sepia	Sepia pigment	Ink sac

ที่มา : Kreuzer (1984)

การละลายน้ำได้ดีมาก สามารถจับกับน้ำมันได้ดีทำให้มีความคงตัวในสภาวะอีมัลชันได้ดี (Kreuzer,1984)

Kahn และคณะ (1974 อ้างโดย Kreuzer, 1984) ได้ศึกษาการผลิตโปรตีนเข้มข้นจากปลาหมึกพบว่าสภาวะในการสกัดที่เหมาะสมที่สุด คือ ที่พีเอช 11 และสภาวะที่มีเกลือร้อยละ 4 อุณหภูมิ 22° ซ ใช้เวลา 45 นาที ขนาดของอนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มม. อัตราส่วนสารสกัดต่อเนื้อปลาหมึกเป็น 10 ต่อ 1 ภายใต้สภาวะนี้สามารถสกัดโปรตีนจากปลาหมึกได้ร้อยละ 85 โดยที่ร้อยละ 65 เก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนที่ พีเอช 5 แต่โปรตีนที่สกัดได้ในแต่ละครั้งมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันเนื่องจากความแตกต่างในปริมาณเกลือและโปรตีนที่ไม่ใช่ไนโตรเจน เมื่อเก็บเป็นเวลา 1 ปีเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับไม่ได้ของโปรตีนคือทำให้ความสามารถในการละลายของโปรตีนลดลง (Kahn, *et al*, 1975 cited by Kreuzer, 1984) ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณสมบัติการทำหน้าที่เป็นที่ยอมรับทางการค้าเมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Promine-D) แต่โปรตีนปลาหมึกเข้มข้นยังมีคุณลักษณะของกลิ่นปลาหมึกซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน

นอกจากนั้นการใช้ประโยชน์จากปลาหมึกอาจใช้ในรูปโปรตีนสกัดผสมลงในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประเภทอีมัลชั่น เช่น ไส้กรอกฟรังค์เฟอร์เตอร์ Yang และ Yang (1986) ศึกษาการสกัดโปรตีน และผลของการใช้โปรตีนสกัดจากหนวดปลาหมึกต่อคุณภาพเจลของเนื้อปลาบด พบว่าโปรตีนที่ละลายได้ในด่างมีร้อยละ 70 ขณะที่ละลายในเกลือที่เป็นด่างได้เพียงร้อยละ 49 นำโปรตีนที่แยกได้ไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freez drying) ได้ผลผลิตร้อยละ 76 โดยน้ำหนักแห้ง และยังพบว่าเมื่อเติมโปรตีนที่ได้ลงไปในเนื้อปลาบดแล้วนำไปให้ความร้อน จะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของเจลในด้าน แรงในการทำให้แตก (fracturability) ความแข็ง (hardness) เพราะเกิดการสูญเสียความชื้นในขณะทำให้สุก นอกจากนั้นยังมีพัฒนาในด้านการยึดติด (adhesiveness) ความยืดหยุ่น (springiness) ความเหนียว (gumminess) ความรู้สึกเหนียวเมื่อเคี้ยว (chewiness) ขณะที่การเกาะกัน (cohesiveness) ไม่เปลี่ยนแปลง อาจเป็นเพราะคุณภาพดังกล่าวที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลโปรตีนของเนื้อปลาหมึกต่อเนื้อปลาหมึก และเนื้อปลาบดต่อเนื้อปลาบดโดยที่ไม่มีการเชื่อมกันของโปรตีนทั้งสองชนิด อย่างไรก็ตามเจลที่ได้มีสีแดงและคล้ำขึ้นเนื่องจากเม็ดสีที่ยังคงอยู่ในโปรตีนที่เติมลงไป

ส่วนที่บริโภคไม่ได้จากปลาหมึก เช่น ท้อง หนัง กระดอง ปาก และตาของปลาหมึก พบว่าเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 30 ของน้ำหนักทั้งตัวของปลาหมึกกล้วย สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์หรือเหยื่อตกปลาได้ แต่อย่างไรก็ตามการแปรรูปส่วนที่บริโภคไม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มี

มูลค่าสูงขึ้นจำเป็นต้องพิจารณาให้ผลคุ้มค่า หนังเป็นวัตถุดิบที่คุณภาพต่ำและถูกทำลายได้ง่าย สามารถทำเป็นผลิตภัณฑ์ ensilage และขายเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูง เครื่องในของปลาหมึกมีกรดอะมิโน เกลือแร่ และวิตามินอย่างมากมายโดยเฉพาะวิตามินบีสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ปีกได้เป็นอย่างดี (Takahashi,1965) Tanikawa (1971) บรรยายกระบวนการทำ liquefied squid visceral ว่าเกิดจากการปล่อยให้เครื่องในปลาหมึกเกิดการย่อยสลายที่ 55° ซ เป็นเวลา 10-12 ชม.จนเป็นของเหลวอย่างสมบูรณ์ เติมน้ำเล็กน้อยและให้ความร้อน เมื่อทำให้เย็นน้ำมันจะถูกแยกออกมาและสามารถใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์หรือเพื่อจุดประสงค์อื่น ส่วนที่เป็นน้ำ (stick water) ใช้ผสมกับรำข้าวสาลีและทำให้แห้งใช้เป็นอาหารสัตว์ แต่ถ้าใช้เครื่องในปลาหมึกที่เน่าเสียจะมีผลให้อาหารสัตว์มีคุณภาพต่ำจึงใช้เป็นปุ๋ยแทน

ส่วนตาของปลาหมึก สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสีและเครื่องสำอางค์เนื่องจากให้ความสว่างแก่ผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี (Sheehy and Vik,1980) ถุงหมึกใช้ผลิตสีและน้ำหมึก สำหรับสีจากถุงปลาหมึกเป็นพวก thymolalanine อาจนำมาใช้ทำประโยชน์เป็นสีอย่างดีที่ไม่ลบเลือน (Zaitsev,*et al.*,1969 cited by Kreuzer,1984)

กระดองของปลาหมึกกล้วยเป็นแหล่งของไคตินและไคโตแซนที่มีคุณภาพสูงมาก ในญี่ปุ่นใช้กระดองใสของปลาหมึกกล้วยในอุตสาหกรรมคอนแทค-เลนส์ (Crossman, 1982) Okutani และ Morikawa (1978) แยกโพลีแซคคาร์ไรด์จากกระดองปลาหมึกพบว่าประกอบด้วย L-arabinose, L-rhamnose, D-xylose, D-manose, D-galactose, D-glucose, D-glucosamine และ D-galactosamine Okutani(1982) พบว่าส่วนที่สกัดได้จากกระดองของปลาหมึกกล้วยแสดงอาการต่อต้านการเกิดมะเร็งในหนูทดลอง

น้ำมันจากตับปลาหมึกกระดองพบว่ามีคุณค่าทางอาหารสูงสำหรับการเจริญเติบโตของปลาเรนโบเทร้าท์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 3 สูง เช่น 20:5W3 และ 22:6W3 (Takeuchi and Watanabe, 1978)

5. อุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปลาหมึกแช่เยือกแข็งทั้งหมดของไทยได้จากการจับจากประมงทะเลทั้งสิ้นซึ่งมาจาก 2 แหล่งคือ

5.1 แหล่งผลิตภายในประเทศ แหล่งปลาหมึกของไทยที่จับได้มากคือบริเวณอ่าวไทยประมาณร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 จับจากทะเลอันดามัน ทั้งนี้เนื่องจากอ่าวไทยเป็นบริเวณ

ที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรน้ำ ครอบคลุมพื้นที่ 304,000 ตารางกิโลเมตร ส่วนฝั่งทะเลอันดามันมีพื้นที่ประมาณ 116,280 ตารางกิโลเมตร ปริมาณปลาหมึกที่จับได้ในปี 2535 รวม 150,300 ตัน เป็นปลาหมึกกล้วย 64,800 ตัน ปลาหมึกกระดอง 65,000 ตันและปลาหมึกสาย 20,500 ตัน (กรมประมง,2538) มาลา สุพงษ์พันธ์ (2527) รายงานไว้ว่าเครื่องมือที่ใช้ในการประมงคือ อวนลากแผ่นตะเฆ่ และอวนลากคู่จะใช้จับปลาหมึกกระดองและปลาหมึกสายซึ่งอาศัยอยู่บริเวณหน้าดิน (ทีมเทคโนฯ,2536) นอกจากนั้นยังมีการใช้เรือไดหมึกเพื่อจับปลาหมึกกล้วยและปลาหมึกหอมเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีประสิทธิภาพในการจับสูงมาก สัตว์ที่จับได้ไม่บอบช้ำ

5.2 การนำเข้าปลาหมึกสดแช่เยือกแข็งจากต่างประเทศ ประเทศไทยนำปลาหมึกจากประเทศ ฮ่องกง จีน มาเลเซีย เวียดนาม อินเดีย และสหรัฐอเมริกา ปริมาณการนำเข้าเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากทรัพยากรปลาหมึกในน่านน้ำไทยถูกจับมาใช้ประโยชน์เกินกว่าศักย์การผลิตตั้งแต่ปี 2520 โดยเฉพาะในปี 2524 เกินกว่าศักย์การผลิตถึงร้อยละ 12 (จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ และคณะ, 2536) ในขณะเดียวกันมีการขยายตัวของอุตสาหกรรมมากจึงจำเป็นต้องพึ่งพาวัตถุดิบจากต่างประเทศมากขึ้นทุกปี ในปี 2534 มีปริมาณการนำเข้าปลาหมึกสดแช่เยือกแข็งเพิ่มขึ้นจากปี 2531 ถึงประมาณ 3 เท่า

หน่วยงานราชการตระหนักถึงปัญหานี้จึงได้มีการศึกษาและทดลองเลี้ยงปลาหมึกในเชิงพาณิชย์ขึ้นที่สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จังหวัดระยอง การวิจัยเริ่มมาตั้งแต่ พ.ศ. 2521 ปลาหมึกทดลองเลี้ยงมี 3 ชนิดคือ ปลาหมึกหอม ปลาหมึกกระดองลายเสือ และปลาหมึกกระดองก้นไหม้ ปัจจุบันสามารถเพาะเลี้ยงและปล่อยลงทะเลเพื่อเพิ่มปริมาณปลาหมึกในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่การทดลองเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ยังไม่ได้ผล (นิรนาม,2536)

ปลาหมึกสดแช่เยือกแข็งของไทยที่ส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศแบ่งออกเป็น 7 ชนิด คือ (สมอ.2525)

1.ปลาหมึกทั้งตัว (whole round) ได้แก่ ปลาหมึกที่มีอวัยวะทุกส่วนครบตามธรรมชาติ หรือได้เอาเฉพาะถุงหมึกออกแล้ว

2. ปลาหมึกชักไส้ (whole cleaned,gutted) ได้แก่ ปลาหมึกทั้งตัวที่ลอกหนัง เอาตา ปาก และอวัยวะภายในออกทั้งหมด

3. ปลาหมึกหลอด (tube) ได้แก่ ปลาหมึกชักไส้ที่เอาหัวออก

4. ปลาหมึกวงแหวน (ring) ได้แก่ ปลาหมึกหลอดที่หั่นเป็นชิ้นๆ ตามขวางของลำตัว

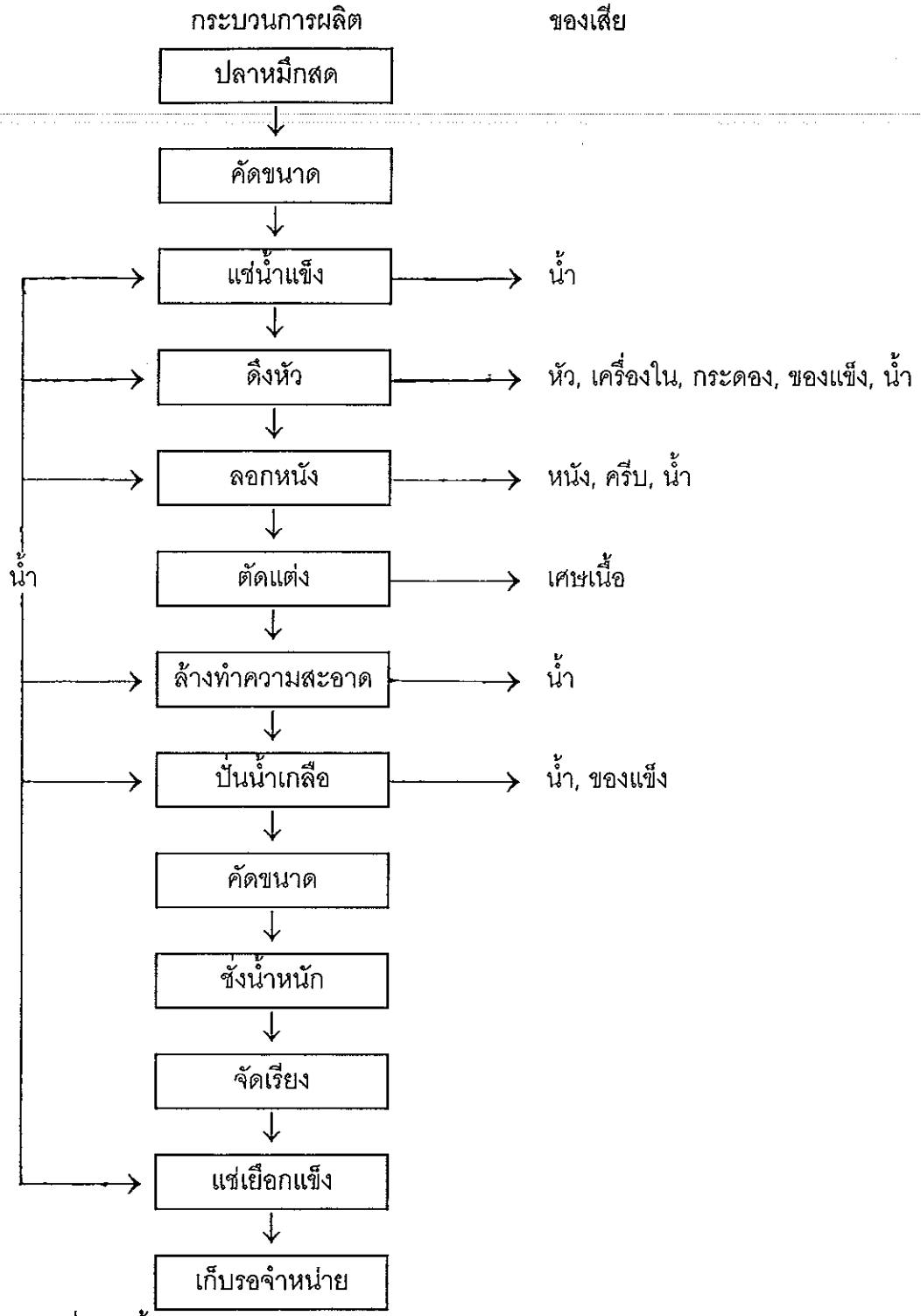
5. ปลาหมึกแผ่น (fillet) ได้แก่ ปลาหมึกหลอดที่ผ่าตามความยาวตลอดลำตัว

6. ปลาหมึกเส้น (slice) ได้แก่ ปลาหมึกแผ่นที่นำมาหั่นเป็นชิ้นๆ ตามขวางของลำตัว

7. หนวดปลาหมึก (tentacle, leg, head) ได้แก่ ส่วนหัวของปลาหมึกที่เอาตาและปากออกแล้ว

ปลาหมึกแช่เยือกแข็งของไทยที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบก้อน (block frozen) และแบบแยกเป็นชิ้น/ตัว (individual quick frozen)

ปลาหมึกสดแช่เยือกแข็งมีหลายชนิดจึงมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน เช่น การผลิตปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็งดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการผลิตปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็ง (frozen cuttlefish fillet) และของเสียที่เกิดขึ้น

ที่มา : ข้อมูลจากการสอบถาม (2536)

จากกระบวนการผลิตจะเห็นว่ามีวัสดุเศษเหลือจำนวนมากทั้งในรูปของแข็งและของเหลว แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ส่วนที่บริโภคไม่ได้ เช่น กระดอง หนัง และเครื่องในใช้เป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะเครื่องในมีกรดอะมิโน เกลือแร่ และวิตามินบีสูงจึงเหมาะในการใช้เป็นอาหารสัตว์ปีก (Takahashi,1965) และยังมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวโอเมกา 3 สูงด้วย นอกจากนั้นยังสามารถผลิตเป็นน้ำมันปลาหมึก

2. ส่วนที่บริโภคได้ คือ ส่วนหัว และครีบซึ่งมีปริมาณร้อยละ 30 และ 12 ของปลาหมึกทั้งตัวสามารถนำมาบริโภคได้ง่าย แต่สำหรับเศษเนื้อสีขาวจากกระบวนการตัดและตกแต่งซึ่งมีปริมาณร้อยละ 3 นำไปใช้ในการบริโภคได้น้อยเนื่องจากเป็นเศษเนื้อขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ยึดระหว่างกระดองกับลำตัวปลาหมึกจึงมีความเหนียว การให้ความร้อนแห้งจะยิ่งทำให้เหนียวมากยิ่งขึ้นจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

6. กระบวนการแปรรูปลูกชิ้นปลาหมึก

6.1 การเตรียมเนื้อปลาหมึกบด (squid surimi)

บดเนื้อปลาหมึกด้วยเครื่องบดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 5 มิลลิเมตร ล้างด้วยน้ำเย็น 4 ครั้ง ใช้อัตราส่วนเนื้อปลาหมึกบดต่อน้ำเป็น 1 ต่อ 4 ใช้เวลา 10 นาที จากนั้นแยกน้ำออก ลักษณะที่ได้เป็นของเหลวข้น (slurry) นำมาดึงน้ำออกโดยการเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000xg นำเนื้อปลาหมึกบดที่ได้มาสับในเครื่องสับผสมร่วมกับน้ำตาล ซอบิทอล โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตในปริมาณร้อยละ 4, 4 และ 0.2 โดยน้ำหนักตามลำดับ และบรรจุในถุงพลาสติกทำการเก็บรักษาที่ -20° ซ (Kim,1988)

6.2 การแปรรูปเนื้อปลาหมึกบด

ปลาหมึกมีเนื้อสัมผัสที่ค่อนข้างเหนียวและคล้ายยาง เมื่อนำมาสับผสมด้วยเกลือในเครื่องสับผสมจะทำให้เนื้อสัมผัสมีลักษณะคล้ายของเหลวเกิดขึ้นเนื่องจากโปรตีนในปลาหมึกละลายได้มากในสภาวะที่มีเกลือ ดังนั้นส่วนใหญ่ของเนื้อปลาหมึกจะกลายเป็นสารละลายเหลือส่วนที่เป็นโครงสร้างหรือเนื้อสัมผัสน้อยมาก สามารถใช้ผลิตเป็นไส้กรอกชนิดนิ่มได้ (Kim,1988)

Lee และ Pan (1979) ได้เปลี่ยนลักษณะปรากฏและโครงสร้างของปลาหมึกโดยการบดทำเป็นผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นและไส้กรอก เพื่อที่จะเพิ่มการยอมรับปลาหมึกและศึกษาผลของวัตถุดิบ

ต่อคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสพบว่า คุณภาพดังกล่าวขึ้นกับความสดและความชื้นในเนื้อปลาหมึก

Chu และคณะ (1992) ได้ทำการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกโดยทำการสับผสมเนื้อปลาหมึกบดร่วมกับเกลือแกงร้อยละ 2 โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.3 น้ำตาลทรายร้อยละ 1 แป้งมันฝรั่งร้อยละ 15 ผงชูรสร้อยละ 0.5 และซิสตีน 10 ไมโครกรัมต่อเนื้อปลาหมึกบด 1 กรัมที่ 4° ซ จากนั้นนำไปศึกษาการเกิดเจลพบว่า อุณหภูมิและเวลาไม่มีผลต่อการเซตตัวของเจล สภาวะที่เหมาะสมที่สุดต่อการเกิดเจลคือ 90° ซ นาน 10 นาที

6.3 กลไกการเกิดเจลและความสำคัญของส่วนผสมที่มีต่อลักษณะของเจล

สำหรับกลไกการเกิดเจลของเนื้อปลาหมึกยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่ในการเกิดเจลของเนื้อปลาจะมีการเปลี่ยนแปลงไมโอไฟบริลลาโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นโซล (sol) ในขั้นตอนการสกัดด้วยเกลือ (Suzuki,1981) โดยเมื่อเติมเกลือร้อยละ 2-3 โดยน้ำหนักเนื้อปลาแล้วบดผสมกับเนื้อปลาจะทำให้เนื้อปลาบดมีลักษณะข้นหนืด โปรตีนที่ละลายออกมานี้จะเกิดโพลีเมอร์ไรเซชั่นและก่อตัวเป็นโครงสร้างร่างแหเมื่อให้ความร้อน (Hennigar, *et al.*,1988) เมื่อทำการสกัดเนื้อปลาด้วยเกลือแกงร้อยละ 2-3 ของน้ำหนักเนื้อปลา ไมโอไฟบริลลาโปรตีนจะถูกสกัดออกมา ทั้งนี้เนื่องจากอนุมูลโซเดียมคลอไรด์จะไปจับกับอนุมูลของ acidic และ basidic amino acid ทำให้พันธะ intermolecular ionic ระหว่างโมเลกุลเกิดการแยกออกจากกันเป็นผลทำให้โปรตีนเกิดการกระจายตัวออกมาอยู่ในน้ำ (Niwa,1985) สำหรับเนื้อปลาหมึกบดที่สับผสมกับเกลือจะกลายเป็นของเหลวและสามารถเทจากภาชนะหนึ่งไปยังอีกภาชนะหนึ่งได้ ระหว่างการให้ความร้อนจะมีการชักนำให้เกิดเจล และเนื้อปลาหมึกบดจะแสดงการหดตัวอย่างรุนแรงและไล่น้ำจำนวนมากออกจากโครงสร้างของเจลจนทำให้เกิดการแยกที่ผิว การใส่แป้งดัดแปรชนิดไฮดรอกซีอัลคีเลชัน (hydroxyalkylation) ร้อยละ 6 ช่วยลดปัญหานี้ได้ (Kim,1988) ซึ่งมาจาก 2 สาเหตุ

1) แป้งช่วยยืดการได้รับความร้อนของเนื้อปลาหมึก เพราะความร้อนเป็นสาเหตุให้เกิดการหดตัวจนกระทั่งเส้นใยเกิดการแข็งตัวและเรียงตัวอย่างหนาแน่น

2) เม็ดแป้งละลายและเกิดเป็นเจลระหว่างการทำให้สุกเนื่องจากน้ำปริมาณมากถูกขับออกจากเนื้อปลาหมึก การเรียงตัวของเม็ดแป้งเจลาติไนซ์มีความหลวมทำให้ความแข็งแรงของเจลต่ำต่างกับในโปรตีนปลาซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าแป้งจะไปเสริมความแข็งแรงของเจลโดยเม็ดแป้งที่ตรึงอยู่ในโครงสร้างร่างแห เมื่อเกิดการพองตัวจะดึงน้ำออกจากโครงสร้างของเจลทำให้เจลมีความแน่นมากยิ่งขึ้น

จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าเม็ดแป้งจะฝังตัวอยู่ในโครงสร้างร่างแหของโปรตีนของเนื้อปลาบด การพองตัวของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอ จึงเสริมให้โครงสร้างของโปรตีนมีความแข็งแรงมากขึ้น ดังนั้นการใช้เม็ดแป้งที่ผ่านกระบวนการเจลาติไนซ์เซชันมาก่อนจึงไม่มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเจลหรือเนื้อสัมผัส (Kim and Lee,1987) แต่การใช้แป้งที่ผ่านการดัดแปรจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลได้ นอกจากนี้การใช้แป้งดัดแปรยังลดปัญหาเกี่ยวกับรูพรุนและลักษณะเหนียวคล้ายยางในผลิตภัณฑ์อันเนื่องมาจากการแช่เยือกแข็ง Jiang (1986) อ้างโดยพิมลพรรณ ฮั่นไพศาล (2535) ได้ทำการทดลอง ผลิตผลิตภัณฑ์คามาโบโกะแช่เยือกแข็งโดยใช้แป้งดัดแปรชื่อ Therm Tex และ Col-Flo ในระดับร้อยละ 3 5 และ 8 ของน้ำหนักเนื้อปลาบดเปรียบเทียบกับการใช้แป้งมันฝรั่ง พบว่าแป้งดัดแปรให้ผลดีมาก ในการป้องกันการสูญเสียน้ำและเกิดการเหนียวคล้ายยาง ในระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

Kim (1988) รายงานไว้ว่าเจลของเนื้อปลาหมึกที่เตรียมด้วยส่วนผสมของเซลลูโลส โซเดียมอัลจิเนต แป้ง โปรตีนถั่วเหลือง ไข่ขาวผงมีคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสไม่ดียกเว้นสูตรที่เติมเนื้อปลาบดและแป้งดัดแปรร้อยละ 6 ให้เนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับทางการค้า

7. การเก็บรักษาลูกชิ้นแช่เยือกแข็ง

จิราวรรณ แย้มประยูร และคณะ (2523) รายงานว่าเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาที่เก็บที่อุณหภูมิ -9° ซ และ -18° ซ เกิดรูพรุนคล้ายฟองน้ำเหี่ยว ทั้งนี้เกิดจากการขยายตัวของผลึกน้ำแข็งในลูกชิ้นระหว่างการแช่เยือกแข็งซึ่งไปทำลายเนื้อเยื่อของผลิตภัณฑ์ให้ฉีกขาดเมื่อละลายน้ำแข็งออกหรือทำให้มีการสูญเสียน้ำออกมาก (Lawrence, *et al.*,1986) นอกจากเกิดรูพรุนแล้วลักษณะของเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาจะมีลักษณะเหนียวคล้ายยาง เนื่องจากการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในห้องเย็นด้วย (Jiang,1986) ซึ่งทำให้ไม่สามารถยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาด้วยวิธีแช่เยือกแข็งได้

พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล (2535) ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งโดยใช้แป้งและมันหมูแข็งพบว่า การแช่เยือกแข็งลูกชิ้นปลาที่เติมแป้งดัดแปรและแป้งมันสัมปะหลังร้อยละ 5 ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ของค่าความแข็งแรงของเจล และคุณภาพทางประสาทสัมผัส แต่การเติมมันหมูแข็งร้อยละ 0-8 มีผลให้ค่าความแข็งแรงของเจลลดลงตามปริมาณที่เติม เมื่อเก็บลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าค่าความแข็งแรงของ

เจลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และคุณภาพทางประสาทสัมผัสมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการใช้แป้งดัดแปรจะให้ผลในการลดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ดีกว่าแป้งมันสัมปะหลัง แต่ถ้าใช้แป้งผสมกับมันหมูแข็งเติมลงในลูกชิ้นปลาแช่เยือกแข็ง พบว่าการผสมแป้งมันสำปะหลังกับมันหมูแข็งจะให้ผลดีกว่าแป้งดัดแปรกับมันหมูแข็ง โดยลูกชิ้นปลาที่ผสมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5 และมันหมูแข็งร้อยละ 4-8 สามารถเก็บในสภาวะแช่เยือกแข็งได้นาน 10 สัปดาห์ โดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสอยู่ในระดับดีทุกลักษณะ

Yamprayoon และคณะ (1991) ได้ทดลองผลิตลูกชิ้นปลาด้วยการผันแปรชนิด และปริมาณแป้ง โดยใช้แป้งมันยี่ห้อ Purity และ National Frigex ซึ่งเป็นแป้งดัดแปรในปริมาณร้อยละ 0 3 5 และ 8 และเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็ง ผลจากการทดลองพบว่าลูกชิ้นแช่เยือกแข็งที่เติม National Frigex ร้อยละ 8 จะลดปริมาณการสูญเสียน้ำได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับลูกชิ้นที่ไม่ได้ใส่แป้งและได้ผลดีกว่าลูกชิ้นที่ใส่แป้งมันธรรมดา นอกจากนี้ปริมาณและชนิดของแป้งดัดแปรที่ใช้ไม่มีผลต่อลักษณะทั่วไป ลักษณะผิวภายนอก ความชุ่มฉ่ำ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความเงามัน และรสชาติของลูกชิ้น ลูกชิ้นที่เก็บได้มากกว่า 60 วัน จะมีลักษณะผิวแห้งไม่มีความเงามันซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาพัฒนาการใช้ประโยชน์วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการแปรรูปปลาหมึกแช่เยือกแข็งเป็นผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก
2. เพิ่มมูลค่าวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง
3. เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มในระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

วัสดุ

1. เศษปลาหมึก และครีบ ที่เหลือจากกระบวนการผลิตปลาหมึกกระดองแช่เยือกแข็งจากบริษัทเทพพิทักษ์ซีฟูดส์ จำกัด อ.เมือง จ.ปัตตานี นำมาเก็บรักษาในห้องอุณหภูมิ -20 $^{\circ}$ ซ
2. เนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งจากบริษัทแมน เอ โฟรสเซนฟูดส์ จำกัด อ.เมือง จ.สงขลา
3. แป้งมันฝรั่งดัดแปรชนิดเอสเทอริไฟด์ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก)
4. โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต
5. เครื่องปรุงรส เกลือ น้ำตาล ผงชูรส พริกไทย
6. บรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนชนิด Cryovac ขนาด 6x8 นิ้ว ความหนา 0.03 มิลลิเมตร
7. วัสดุ เคมีภัณฑ์ และอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ได้แก่ เครื่องสับผสม (Silent Cutter) รุ่น Nr 182540
2. ห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าอุณหภูมิ -20° ซ รุ่น PK 64 บริษัทพัฒนกลการ จำกัด
3. เครื่องแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิก (Cryogenic Cabinet Freezer) รุ่น JE-C1D
4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
5. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ ได้แก่ เครื่องวัดค่าสี JUKI รุ่น JP 7100F
6. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์
7. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

วิธีการ

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบหลัก

1.1 เศษปลาหมึกและเนื้อปลาบด

สุ่มตัวอย่างเศษปลาหมึกและเนื้อปลาบดที่เก็บในสภาพแช่เยือกแข็งจำนวน 2 ชุด ทำการวิเคราะห์ชุดการทดลองละ 2 ซ้ำดังนี้

- ปริมาณความชื้นโดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า (A.O.A.C.,1990)
- ปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด โดยวิธีคอนเวย์ (Hasegawa, 1987)
- ปริมาณทีบีเอ (Egan, *et al.*, 1981)
- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี pour plate (Hasegawa, 1987; Speck,1984)

1.2 แป้งมันฝรั่งดัดแปรชนิดเอสเทอริไฟด์

- ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธีเดียวกับข้อ 1.1
- ปริมาณเชื้อรา โดยวิธี spread plate (Speck, 1984)

2. การสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของผู้บริโภค

เพื่อหาเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการ (Ideal product) ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกตามสูตรที่ดัดแปลงจาก Chu และคณะ (1992) ซึ่งเรียกว่าสูตรพื้นฐาน ดังรายละเอียดในภาพที่ 10 ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส เพื่อหาเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเค้าโครงลักษณะผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ โดยวิธีประเมินคุณภาพแบบเรโชโพรไฟล์ (Ratio Profile Test: RPT) (ศิริลักษณ์ สินธวาลัย,2531) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน เปรียบเทียบคุณลักษณะแต่ละปัจจัยระหว่างตัวอย่างที่นำเสนอกับค่าในอุดมคติ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสด้านความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะตัว รสเค็ม รสหวาน และความชอบรวม นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (Ratio mean,S/I) ระหว่างค่าคะแนนแต่ละปัจจัยของตัวอย่าง (S) กับค่าใน

เศษปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

↓

ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ

↓

สับด้วยเครื่องสับผสมเป็นเวลา 20 นาที

↓

เติมเกลือร้อยละ 2

สับผสม 5 นาที

↓

เติมน้ำตาลร้อยละ 3

ผงชูรสร้อยละ 0.5

โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 0.3

แป้งมันฝรั่งร้อยละ 15

สับผสมให้เข้ากัน

↓

ขึ้นรูปเป็นก้อนกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

ประมาณ 3 เซนติเมตร

↓

ต้มในน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส

นาน 10 นาที

↓

ทำให้เย็น

ภาพที่ 10 ขั้นตอนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Chu และคณะ (1992)

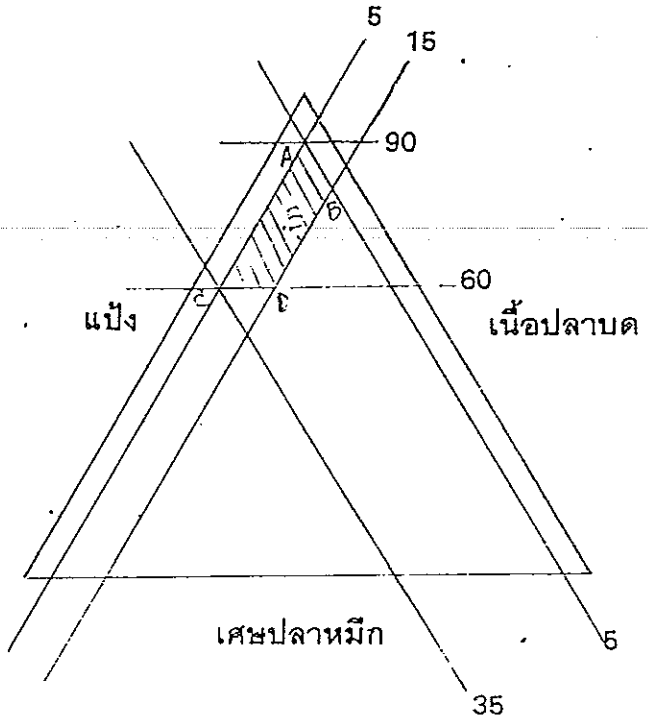
ในอุดมคติ (I) จากนั้นแสดงผลที่ได้ในลักษณะแผนภาพใยแมงมุม เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ t-test (O'Mahony,1986) และนำค่าสัดส่วนเฉลี่ยที่ได้ไปวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด

3. การพัฒนาเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึก

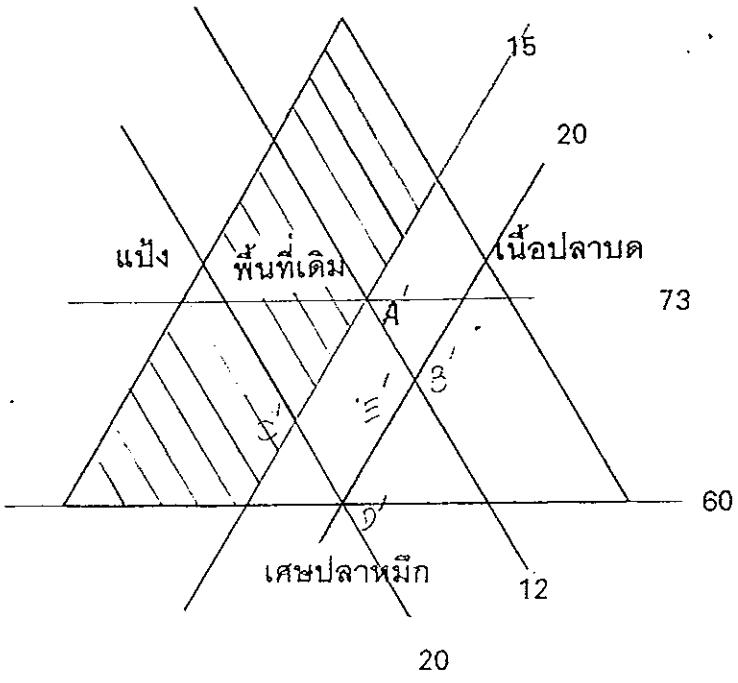
ศึกษาผลของสารเชื่อมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึกโดยใช้สารเชื่อม 2 ชนิด คือ แป้งและเนื้อปลาบด โดยยังคงเน้นการใช้ประโยชน์จากเศษปลาหมึกในปริมาณมากที่สุด โดยที่ผู้บริโภคยังยอมรับผลิตภัณฑ์ วางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ (Earle and Anderson, 1985) กำหนดปริมาณเศษปลาหมึกในช่วงร้อยละ 60-90 เนื้อปลาบดในช่วงร้อยละ 5-35 และแป้งอยู่ในช่วงร้อยละ 5-15 ดังแสดงในภาพที่ 11:ก ซึ่งได้ส่วนผสม 5 สูตรคือ A, B, C, D และ E สำหรับเครื่องปรุงรสอื่นๆ คงปริมาณเดิมเหมือนสูตรพื้นฐานไว้ จากนั้นทำการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกตามสูตรดังกล่าว ตามขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 12 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับความชอบ (Dov,1988) โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนเล็กน้อย จำนวน 20 คน นำคะแนนการทดสอบที่ได้มาพิจารณาถึงผลของปริมาณเศษปลาหมึก เนื้อปลาบดและแป้ง ต่อความชอบผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคโดยวิธีการของ Earle และ Anderson (1985) จากนั้นกำหนดอัตราส่วนผสมของเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด และแป้งอีกครั้ง (ภาพที่ 11:ข) ตามแนวทางที่วิเคราะห์ได้ข้างต้นเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด จะได้ส่วนผสม 5 สูตร คือ A', B', C', D' และ E' จากนั้นผลิตผลิตภัณฑ์ตามสูตรที่กำหนดขึ้นและทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสแบบเรียงลำดับความชอบ โดยใช้ผู้ทดสอบชิมชุดเดิม คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาถึงความชอบของผู้บริโภค

4. การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรส

เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ ให้เข้าใกล้ผลิตภัณฑ์ในอุดมคติที่ผู้บริโภคต้องการ จึงทำการผลิตผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ส่วนผสมระหว่างเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งที่คัดเลือกได้ในข้อ 3 และปริมาณเครื่องปรุงรสตามชุดการทดลองที่กำหนดขึ้นใหม่ ให้สอดคล้องกับแนวทางที่ได้จากการทดลองข้อ 2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้โดยวิธีเรโซโพรไฟล์ ใช้ผู้ทดสอบชิมชุดเดิมจำนวน 10 คน



ก

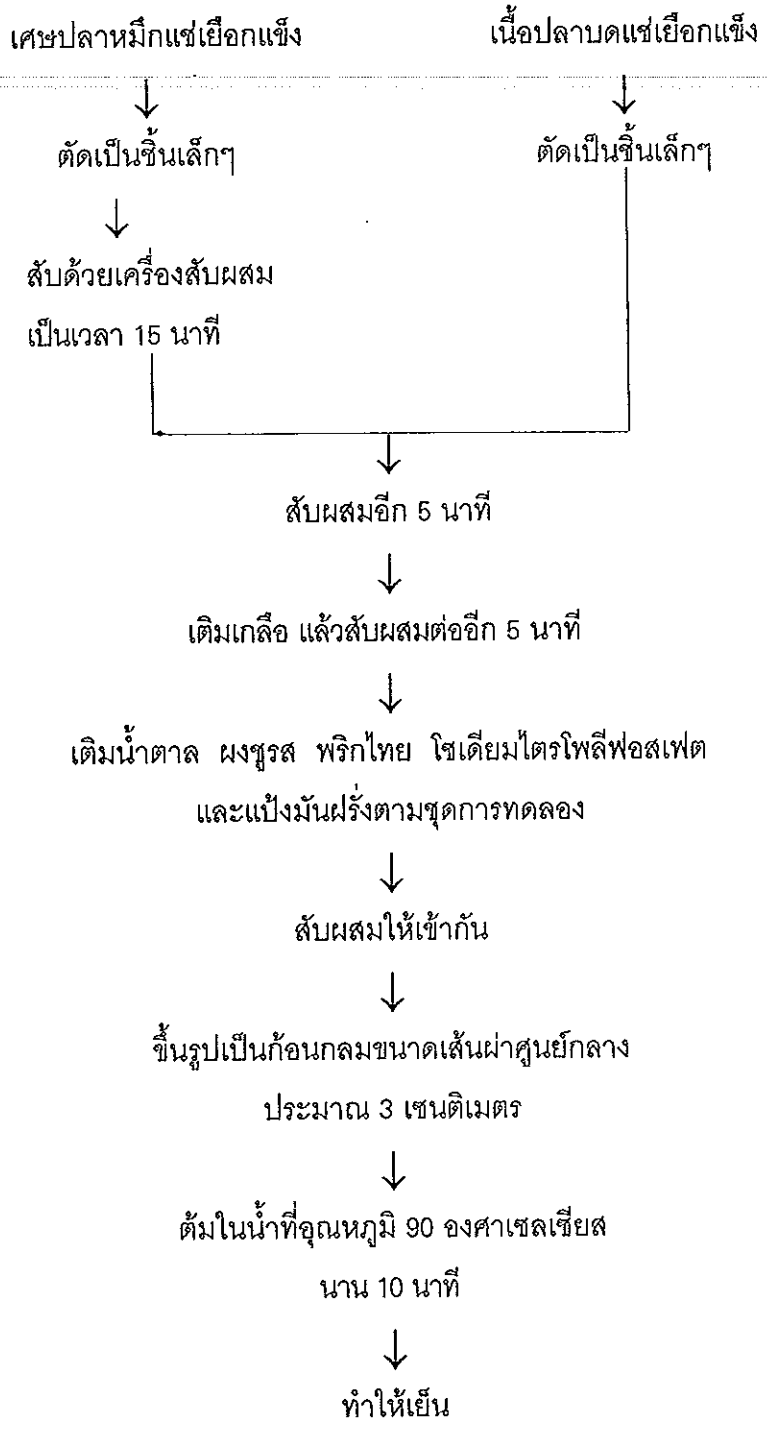


ข

ภาพที่ 11 แผนภาพการวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์

ก: ครั้งที่ 1

ข: ครั้งที่ 2



ภาพที่ 12 ขั้นตอนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึก

ผลการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าคะแนนของผลิตภัณฑ์กับอุดมคติโดยใช้ t-test รวมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง โดยใช้ DMRT (Dancan's Multiple Range Test)(ไพศาล เหล่าสุวรรณ,2535) เพื่อคัดเลือกสูตรเครื่องปรุงรสที่เหมาะสมที่สุด ทำการประเมินคุณภาพความชอบด้านลักษณะปรากฏภายนอก ลักษณะปรากฏภายใน ความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะตัว กลิ่นคาว รสเค็ม รสหวาน และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดเลือกสูตรเครื่องปรุงรส โดยวิธีเรโซโพรไฟล์ ใช้ผู้ทดสอบชิมชุดเดิมจำนวน 10 คน แสดงผลในรูปแผนภาพใยแมงมุม วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาขั้นสุดท้ายกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

5. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

ทำการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกตามสูตรที่พัฒนาแล้ว และนำมาทำการแช่เยือกแข็ง โดยส่วนหนึ่งนำไปแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิก อุณหภูมิภายในเครื่อง -40° ซ อีกส่วนหนึ่งแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่าที่อุณหภูมิของห้อง -20° ซ บันทึกอุณหภูมิและเวลาในระหว่างการแช่เยือกแข็ง จนกระทั่งอุณหภูมิกึ่งกลางผลิตภัณฑ์ลดลงถึง -18 $^{\circ}$ ซ ทำการประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความฉ่ำ รสชาติ และความชอบรวมของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธี เปรียบเทียบกับลูกชิ้นที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง โดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวนเล็กน้อยจำนวน 10 คน โดยวิธีพรรณนาเชิงปริมาณ (QDA) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535) คะแนนการทดสอบที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT

6. ศึกษาต้นทุนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

คำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เฉพาะวัตถุดิบ โดยรวบรวมข้อมูลของราคาวัตถุดิบประกอบด้วย เศษปลาหมึก เนื้อปลาบด แป้ง และส่วนผสมต่างๆ

7. สำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่ผ่านการพัฒนาแล้วจากข้อ 5 มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ซึ่งเป็นบุคคลภายในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 100 คน ทำการสอบถามเพื่อหาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม พฤติกรรมการบริโภค ความ

ชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบรวม และการยอมรับผลิตภัณฑ์ โดยวิธีให้คะแนนความชอบ (Hedonic scale) (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2535)

8. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

นำผลิตภัณฑ์สูตรพัฒนาที่ผ่านการแช่เยือกแข็งด้วยวิธีแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิกมาแบ่งใส่ถุงครัยโอแวค ปริมาณถุงละ 100 กรัม ส่วนหนึ่งบรรจุในสภาพสุญญากาศ อีกส่วนหนึ่งบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ ทำการเก็บรักษาที่ห้องอุณหภูมิ -20 $^{\circ}$ ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ทำการทดลองชุดละ 2 ซ้ำ ประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทุกๆ 2 สัปดาห์หลังแช่เยือกแข็ง ดังนี้คือ

การประเมินคุณภาพทางกายภาพประกอบด้วย

- ค่าสี ด้วยเครื่อง JUKI
- ปริมาณของเหลวที่สูญเสีย (Drip loss) (Hasegawa,1987)

การประเมินคุณภาพทางเคมีประกอบด้วย

- ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน (A.O.A.C., 1990)
- ปริมาณไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ (Hasegawa,1987)

การประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ประกอบด้วย

- ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี pour plate, Coliforms, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio parahaemolyticus* (Hasegawa,1987; Speck,1984)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้าน ลักษณะปรากฏ สี ความยืดหยุ่น ความเหนียว ความฉ่ำ รสชาติ และการยอมรับรวมโดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ใช้การทดสอบแบบพรรณนาเชิงปริมาณ นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบหลัก

1.1 เศษปลาหมึกและเนื้อปลาบด

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษปลาหมึกและเนื้อปลาบดดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณโปรตีนของเนื้อปลาบดสูงกว่าของเศษปลาหมึกเล็กน้อยโดยมีค่าเท่ากับ 62.40 และ 67.67 ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเหมาะสำหรับนำมาผลิตเป็นอาหารโปรตีน ส่วนปริมาณไขมันมีปริมาณต่ำโดยในเนื้อปลาหมึกมีเพียงร้อยละ 6.59 ทำนองเดียวกันกับเนื้อปลาบดซึ่งมีเพียงร้อยละ 5.24 เนื่องจากในกระบวนการผลิตเนื้อปลาบดมีขั้นตอนการล้างเพื่อขจัดไขมันในขณะที่เศษปลาหมึกเป็นสัตว์ที่มีไขมันต่ำซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมการดำรงชีพ กล่าวคือกล้ามเนื้อบริเวณที่มีการยืดหดของกล้ามเนื้อมาก การสะสมของไขมันจะเกิดขึ้นน้อยมาก โดยเฉพาะส่วนครีบซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้เป็นอวัยวะส่วนที่ใช้ในการว่ายน้ำและใช้โบกพัดขึ้น-ลงเพื่อพยุงลำตัวจึงเป็นสาเหตุให้กล้ามเนื้อบริเวณนี้มีปริมาณไขมันต่ำซึ่งคล้ายกับอวัยวะส่วนหนวดที่ไว้จับเหยื่อซึ่ง Ke และคณะ (1979) รายงานไว้ว่าไขมันในส่วนหนวดน้อยกว่าลำตัวและมีสูงสุดที่เครื่องใน ส่วนปริมาณเถ้าที่วัดได้ของเนื้อปลาบดเท่ากับ 8.09 น้อยกว่าของเศษปลาหมึกซึ่งพบว่าเท่ากับ 8.29 อาจเนื่องจากแร่ธาตุบางส่วนได้มีการชะล้างออกไปในกระบวนการผลิตเนื้อปลาบด ในขณะที่เศษปลาหมึกอาจได้รับแร่ธาตุเพิ่มขึ้นเนื่องจากขั้นตอนการผลิตที่ต้องการมีการเติมเกลือเล็กน้อย สำหรับพีเอชทั้งเศษปลาหมึกและเนื้อปลาบดมีเท่ากันคือ 6.40

สารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้การย่อยสลายโปรตีนของสัตว์น้ำหลังการตายโดยมีสาเหตุจากแบคทีเรียและเอนไซม์ในตัวสัตว์น้ำเอง โดยพบว่าทั้งเศษปลาหมึกและเนื้อปลาบดมีปริมาณ 5.52 และ 5.40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมตัวอย่างตามลำดับซึ่งอยู่ในช่วงที่รับได้ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง (สมอ.,2525) ซึ่งกำหนดปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดไม่เกิน 30 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักเนื้อปลาหมึก 100 กรัม ซึ่งแสดงว่าวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีสภาพสดเพียงพอที่จะนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์และใช้บริโภคได้ สำหรับการเกิดกลิ่นหืนซึ่งประเมินได้โดยการวัดค่าทีบีเอ พบว่าอยู่ในปริมาณต่ำคือของเศษปลาหมึก 0.58 และเนื้อปลาบด 0.82 มก.มาโลนอัลดีไฮด์ต่อกก.ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์พบว่า

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด และแป้ง

องค์ประกอบ [1]	เศษปลาหมึก	เนื้อปลาบด	แป้ง
ความชื้น (ร้อยละ)	86.15±0.20	78.32±0.15	18.92±0.32
โปรตีน (ร้อยละ) [2]	62.40±2.60	67.67±1.40	0.32±0.12
ไขมัน (ร้อยละ) [2]	6.59±0.60	5.24±0.53	0.01±0.00
เถ้า ((ร้อยละ) [2]	8.29±0.92	8.09±0.99	0.30±0.04
พีเอช	6.40±0.00	6.40±0.00	6.70±0.00
สารประกอบไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มก. ไนโตรเจนต่อ 100 ก. ตัวอย่าง	5.52±0.76	5.40±0.78	-
ทีบีเอ (มก.มาโลนอัลดีไฮด์ต่อ กก.ตัวอย่าง	0.58±0.12	0.82±0.14	-

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจาก 2 ชุดการทดลองๆ ละ 2 ซ้ำ

[2] คำนวณจากน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นของเศษปลาหมึกและเนื้อปลาบดเป็น $8.45x10^3$ และ $2.05x10^4$ โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ชนิดแบคทีเรียไม่พบ Coliforms และ *E. coli*, *S. aureus* และ *Salmonellas spp.*

1.2 แป้ง

แป้งที่ใช้เป็นแป้งมันฝรั่งดัดแปรชนิดเอสเทอริไฟด์ที่ทนต่อการแช่เยือกแข็ง ผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่ามีปริมาณโปรตีน ไขมันและเถ้าร้อยละ 0.32 0.01 และ 0.30 ตามลำดับ ส่วนพีเอชค่อนข้างเป็นกลางคือ 6.70 (ตารางที่ 4) ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด $1.66x10^4$ โคโลนีต่อกรัม ไม่พบ Coliforms และ *E. coli*, *Salmonella spp.* และ *S. aureus* ส่วนปริมาณราพบน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพด (สมอ., 2529)

2. การสำรวจความต้องการผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของผู้บริโภค

ผลจากการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกในอุดมคติของผู้บริโภคเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่นำเสนอ (สูตรพื้นฐาน) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป โดยใช้ค่าอัตราส่วนเฉลี่ย (Ratio mean:S/I) ของแต่ละปัจจัยดังแสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่าผู้ทดสอบชิมให้คะแนนอัตราส่วนเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะส่วนใหญ่ใกล้เคียงกับ 1 ยกเว้นกลิ่นคาวมีค่าเกิน 1 เป็นอย่างมาก ซึ่งศิริลักษณ์ สินธวาลัย (2531) อธิบายไว้ว่าค่าอัตราส่วนของคุณลักษณะใดมีค่าเท่ากับ 1.0 หมายว่าไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะที่ศึกษานั้น ถ้าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยมากกว่า 1.0 หมายความว่าอาจมีความจำเป็นต้องลดความเข้มหรือความแรงของคุณลักษณะนั้นๆ และถ้าค่าอัตราส่วนเฉลี่ยน้อยกว่า 1.0 มีความหมายว่าอาจมีความจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มหรือความแรงของคุณลักษณะนั้นๆ เพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นต่อไปมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติของผู้บริโภค

เมื่อนำค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกมาสร้างเป็นแผนภาพใยแมงมุม (ภาพที่ 13) และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติระหว่างคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติโดยใช้ t-test แสดงให้เห็นแนวทางในการพัฒนาลูกชิ้นปลาหมึกคือต้องเพิ่มความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะตัว ความชอบรวม และต้องลดกลิ่นคาว

เมื่อนำอัตราส่วนเฉลี่ยของทุกคุณลักษณะมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสกับความชอบรวมได้ผลดังตารางที่ 6 คือความสัมพันธ์ของคุณลักษณะต่างๆ ทางประสาทสัมผัสกับความชอบรวมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาเฉพาะคุณลักษณะที่ต้องปรับปรุงคือ ความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะตัว กลิ่นคาวและความชอบรวม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient:r) ของความยืดหยุ่นและกลิ่นคาวสูงกว่าความเหนียวและการเกาะตัว ศิริลักษณ์ สินธวาลัย (2531) กล่าวว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าย่อมเป็นเครื่องยืนยันว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสของลักษณะนั้นเกี่ยวพันกับการยอมรับมากกว่าลักษณะอื่นๆ แต่คุณลักษณะ "กลิ่นคาว" นั้นมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับความชอบรวม นั่นคือเมื่อกลิ่นคาวยิ่งเพิ่มขึ้นความชอบรวมยิ่งลดลง ในขณะที่ถ้าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นจะทำให้ความชอบรวมเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับความเหนียวและการเกาะตัว

ดังนั้นจากการศึกษาในขั้นนี้บอกให้ทราบว่าลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐานจะต้องมีการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและลดกลิ่นคาว

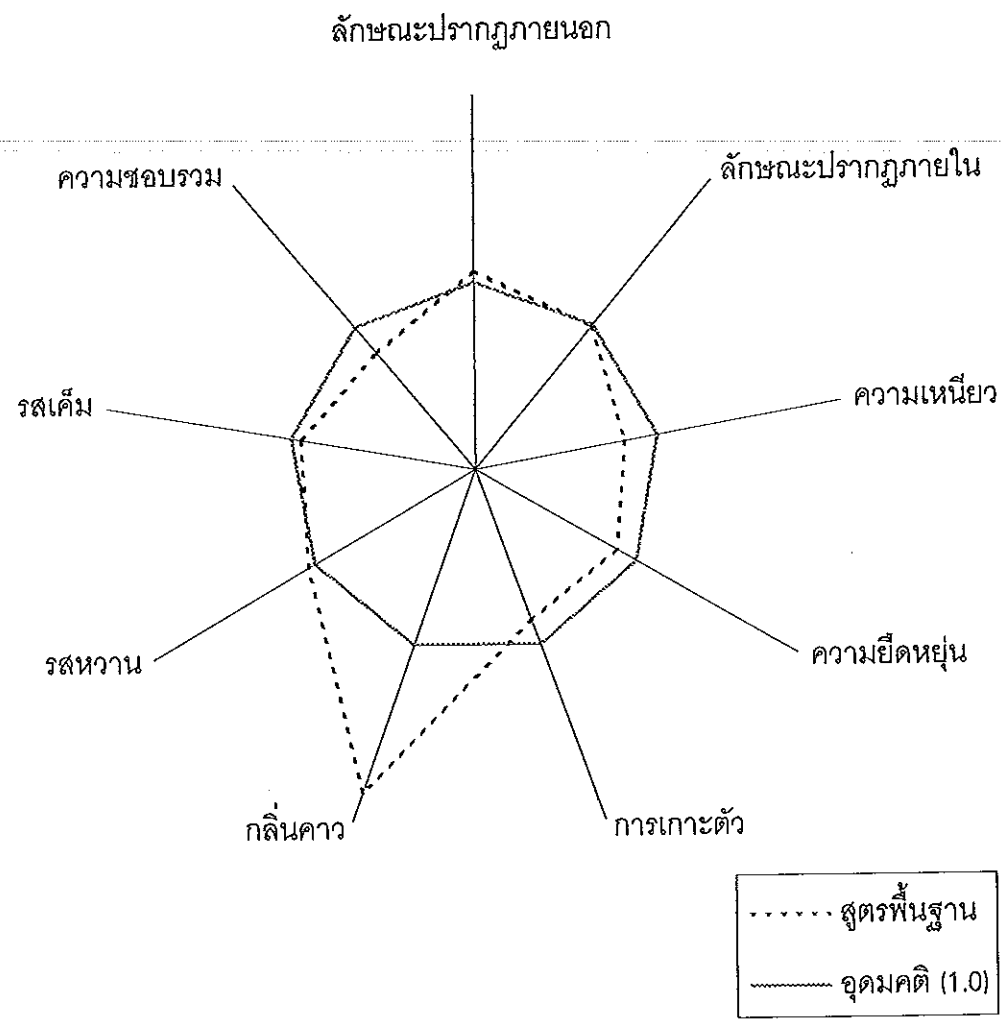
ตารางที่ 5 อัตราส่วนเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน

ปัจจัยคุณภาพ [1]	อัตราส่วนเฉลี่ย (S/I)
ลักษณะปรากฏภายนอก	1.06±0.34 ns
ลักษณะปรากฏภายใน	0.99±0.40 ns
ความเหนียว	0.82±0.29 **
ความยืดหยุ่น	0.88±0.27 **
การเกาะตัว	0.86±0.26 **
กลิ่นคาว	1.84±1.12 **
รสหวาน	1.04±0.26 ns
รสเค็ม	0.95±0.39 ns
ความชอบรวม	0.82±0.20 **

1 ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้บริโภค 50 คน

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 13 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกสูตรพื้นฐาน

	ลักษณะปรากฏภายนอก	ลักษณะปรากฏภายใน	ความเหนียว	ความยืดหยุ่น	การเกาะตัว	กลิ่นคาว	รสหวาน	รสเค็ม
ลักษณะปรากฏภายใน	-0.1016							
ความเหนียว	0.1984	-0.0194						
ความยืดหยุ่น	-0.2892	0.0156	-0.0860					
การเกาะตัว	-0.1358	0.3517	0.1197	0.0384				
กลิ่นคาว	0.0770	-0.1248	-0.1409	-0.0874	-0.3926			
รสหวาน	0.0568	-0.1746	0.1421	0.3951	0.0260	0.1812		
รสเค็ม	0.1217	0.0307	0.1264	0.0220	-0.0643	-0.0172	0.0577	
ความชอบรวม	0.0805	0.0655	0.0072	0.1480	0.0223	-0.1152	-0.0634	0.1564

3. การพัฒนาเนื้อสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึก

จากการกำหนดปริมาณเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด และแป้งอยู่ในช่วงร้อยละ 60-70 5-35 และ 5-15 ตามลำดับ เมื่อวางแผนแบบมิกซ์เจอร์จะได้อัตราส่วนเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งเป็นสูตร A, B, C, D และ E ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ 90:5:5 80:5:15 60:35:5 60:25:15 และ 73:17:10 ตามลำดับ โดยกำหนดให้เครื่องปรุงรสคงปริมาณเดิมเหมือนสูตรพื้นฐาน ผลคะแนนรวมเรียงลำดับความชอบแสดงในตารางที่ 7 พบว่าเศษปลาหมึกแสดงผลต่างความชอบผลิตภัณฑ์ในทางลบคือเมื่อลดปริมาณปลาหมึกทำให้ผู้บริโภคชอบมากขึ้น ส่วนเนื้อปลาบดและแป้งแสดงผลในทางบวกคือ เมื่อเพิ่มปริมาณวัตถุดิบทั้งสองชนิดเข้าแทนที่เศษปลาหมึกทำให้ผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อของปลาหมึกมีปริมาณคอลลาเจนสูง เมื่อให้ความร้อนทำให้คอลลาเจนเกิดการหลอมตัวจึงทำให้การเกาะตัวเป็นก้อน ความเหนียว และความยืดหยุ่นมีน้อยกว่าเมื่อเทียบกับลูกชิ้นปลา จากการทดลองของ Kim (1988) พบว่าการเติมเนื้อปลาบดลงในลูกชิ้นปลาหมึกทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับทางการค้าซึ่งสอดคล้องกับการทดลอง

ปริมาณเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด และแป้งที่กำหนดขึ้นใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุดคือ ร้อยละ 60-73 12-20 และ 15-20 ตามลำดับ เมื่อนำมาวางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2 ได้อัตราส่วนผสมของเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งเป็นสูตรใหม่ 5 สูตรคือ A', B', C', D' และ E' ซึ่งมีส่วนผสมเป็น 73:12:15 68:12:20 65:20:15 60:20:20 และ 66.5:17.5:16 ตามลำดับ เมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตร C' ซึ่งมีปริมาณเนื้อปลาบดสูงสุดแต่ใช้ปริมาณเศษปลาหมึกและแป้งในระดับปานกลางมีคะแนนความชอบสูงสุด (ตารางที่ 8) อาจเนื่องจากเนื้อปลาที่เข้าไปทดแทนเศษปลาหมึกนอกจากจะช่วยลดกลิ่นคาวของปลาหมึกลงเล็กน้อยแล้วยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและการเกาะตัวได้ดีกว่าแป้ง และยิ่งไปกว่านั้นคือเสริมสร้างความเหนียวเนื่องจากการเกิดเจลของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าสูตร C' ไม่แตกต่างจากสูตร B' และ E' ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ต้องการใช้วัสดุเศษเหลือจากกระบวนการผลิตปลาหมึกแช่เยือกแข็งให้มากที่สุดโดยยังคงการยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงคัดเลือกสูตร B' ซึ่งมีสัดส่วนผสมของเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งเป็น 68:12:20 ไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป

ตารางที่ 7 คะแนนรวมจากการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกจากการวาง แผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 1

สูตร	อัตราส่วน เศษปลาหมึก:เนื้อปลาบด:แป้ง	คะแนนรวม* เรียงลำดับความชอบ
A	90:5:5	90
B	80:5:15	59
C	60:35:5	50
D	60:25:15	46
E	73:17:10	55

* คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 20 คน โดยกำหนดให้ 1 หมายถึงชอบมากที่สุดไปจนถึงคะแนน 5 หมายถึงชอบน้อยที่สุด

ตารางที่ 8 คะแนนรวมจากการเรียงลำดับความชอบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกจากการวาง แผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ครั้งที่ 2

สูตร	อัตราส่วน เศษปลาหมึก:เนื้อปลาบด:แป้ง	คะแนนรวม* เรียงลำดับความชอบ
A/	73:12:15	72 a [1]
B/	68:12:20	60 ab
C/	65:20:15	41 b
D/	60:20:20	72 a
E/	66.5:17.5:16	55 ab

* คะแนนรวมจากผู้ทดสอบ 20 คน โดยกำหนดให้ 1 หมายถึงชอบมากที่สุดไปจนถึงคะแนน 5 หมายถึงชอบน้อยที่สุด

[1] ตัวอักษร a และ b ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

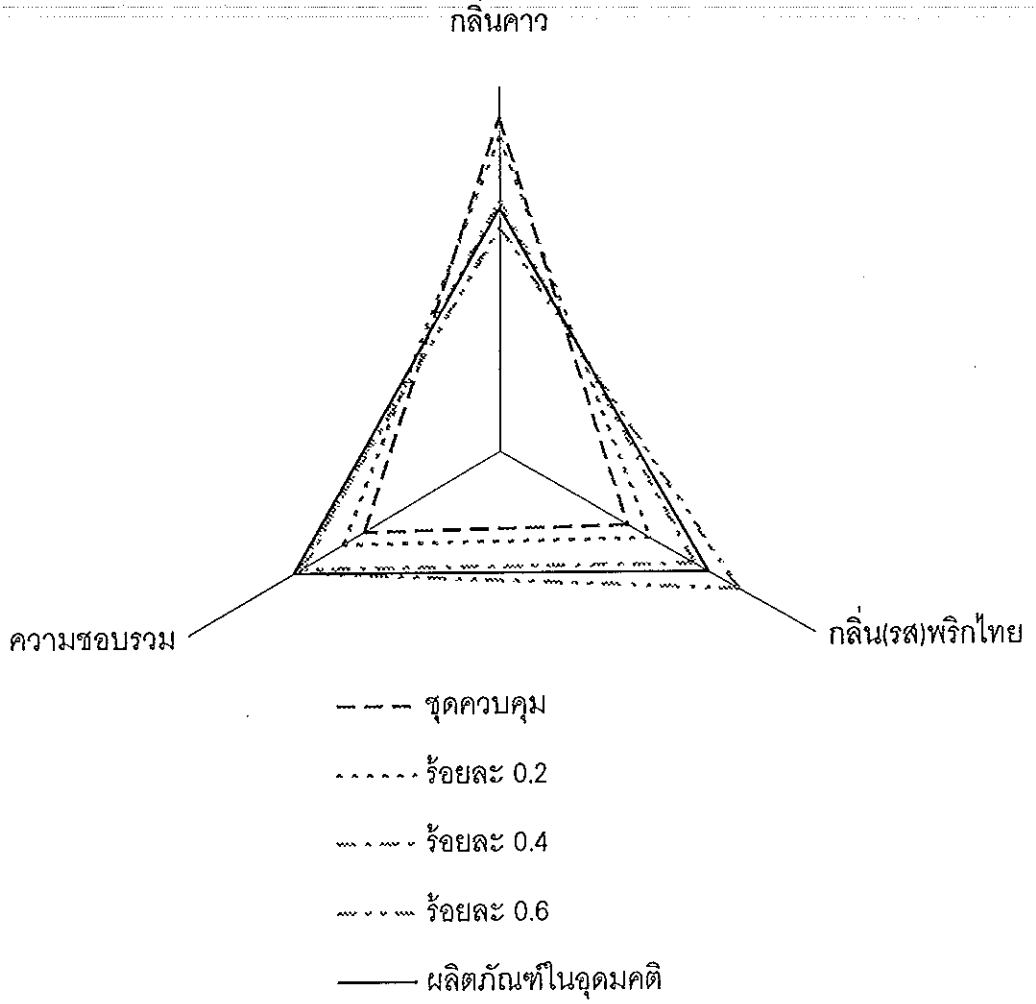
4. การพัฒนาสูตรเครื่องปรุงรส

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่ผ่านการพัฒนาเนื้อสัมผัสแล้วจากข้อ 3 นำมาปรับปรุงเครื่องปรุงรสให้เข้าใกล้ความต้องการของผู้บริโภคตามแนวทางที่ได้จากการทดลองข้อ 2 คือ ลดกลิ่นคาว โดยการผันแปรปริมาณพริกไทยให้เป็นร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 ผลการทดสอบด้านกลิ่น(รส)พริกไทย กลิ่นคาว และความชอบรวมที่ได้นำมาเขียนเป็นแผนภาพใยแมงมุมได้ดังภาพที่ 14 พบว่าชุดควบคุมมีที่ไม่พริกไทยมีกลิ่นคาวมาก ความชอบรวมต่ำ เมื่อเติมพริกไทยลงไปร้อยละ 0.2 ให้กลิ่นคาวลดลง และความชอบรวมเพิ่มขึ้น กลิ่น(รส)พริกไทยก็เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อใช้พริกไทยที่ระดับ 0.4 คุณลักษณะทั้ง 3 เข้าใกล้ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคต้องการมากขึ้น แต่เมื่อใช้พริกไทยร้อยละ 0.6 พบว่าให้กลิ่นคาวต่ำสุด และความชอบรวมสูงสุด แต่กลิ่น(รส)พริกไทยสูงเกินไป เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 9) พบว่าความชอบรวม กลิ่นคาว แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับสูตรที่มีพริกไทยร้อยละ 0.4 จึงคัดเลือกชุดการทดลองที่มีปริมาณพริกไทยร้อยละ 0.4 เพราะมีปริมาณพริกไทยที่ไม่สูงเกินไป เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และประหยัดในแง่ต้นทุนการผลิตอีกด้วย

จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากข้อ 3 ถึงข้อ 4 ทำให้ได้สูตรพัฒนาขั้นสุดท้ายซึ่งมีปริมาณส่วนผสมดังตารางที่ 10 และเมื่อนำผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกมาทดสอบความชอบทางด้านลักษณะปรากฏภายนอก ลักษณะปรากฏภายใน ความเหนียว ความยืดหยุ่น การเกาะตัว กลิ่นคาว รสเค็ม รสหวาน และความชอบรวมดังแสดงในภาพที่ 15 ซึ่งพบว่าเค้าโครงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาเข้าใกล้คุณลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการมากที่สุด ยกเว้นกลิ่นคาวซึ่งสูงกว่าที่ผู้บริโภคต้องการเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อมีการวิเคราะห์โดยใช้ t-test

5. สภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็ง

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการแช่เยือกแข็งลูกชิ้นปลาหมึกด้วยวิธีแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิก และแช่เยือกแข็งด้วยวิธีกระแสลมเป่า ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 16 ซึ่งพบว่าการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิกใช้เวลา 22 นาที ในขณะที่การแช่เยือกแข็งโดยวิธีกระแสลมเป่าใช้เวลา 1 ชั่วโมง 8 นาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งทั้ง 2 วิธีได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นความเหนียว (ภาพที่ 17) Yamprayoon และคณะ (1991) กล่าวว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่าน



ภาพที่ 14 เค้าโครงลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกชุดควบคุมและชุดที่มีการเติมพริกไทยร้อยละ 0.2 0.4 และ 0.6 เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

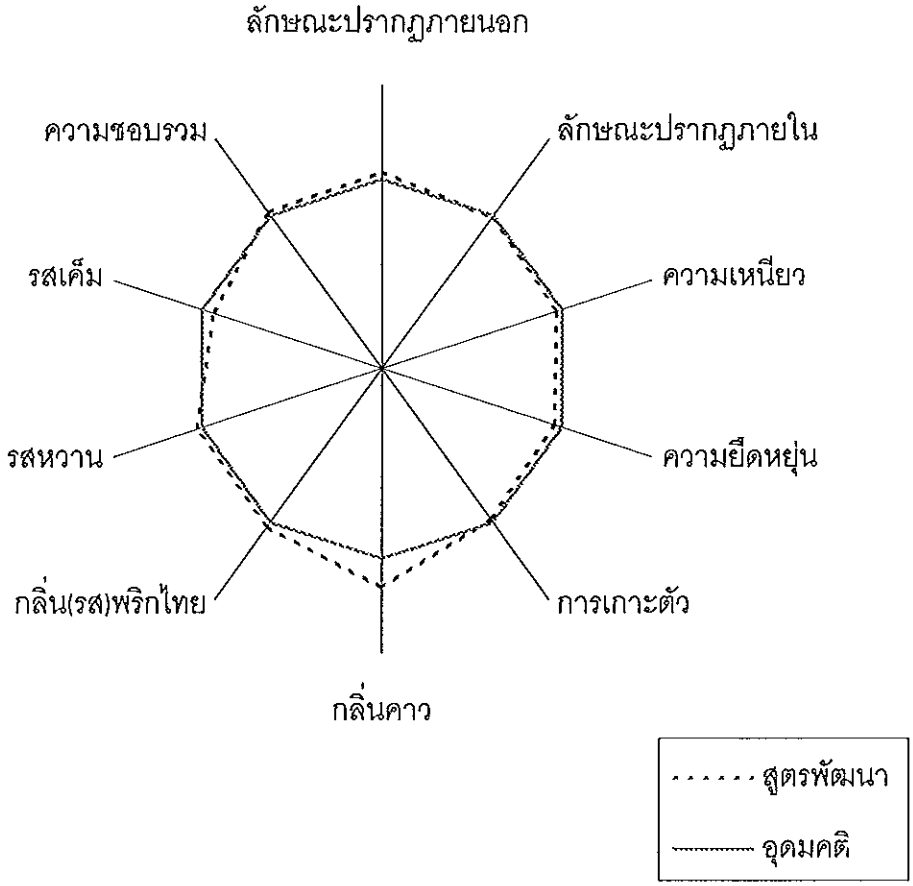
ตารางที่ 9 ผลของปริมาณพริกไทยต่อคุณภาพบางประการของลูกชิ้นปลาหมึก

ปัจจัยคุณภาพ	ปริมาณพริกไทย (ร้อยละ)			
	0	0.2	0.4	0.6
กลิ่นคาว	1.37 b[1]	1.29 b	1.03 a	0.92 a
กลิ่น(รส)พริกไทย	0.61 a	0.72 a	0.93 b	1.14 c
ความชอบรวม	0.66 a	0.76 a	0.96 b	0.99 b

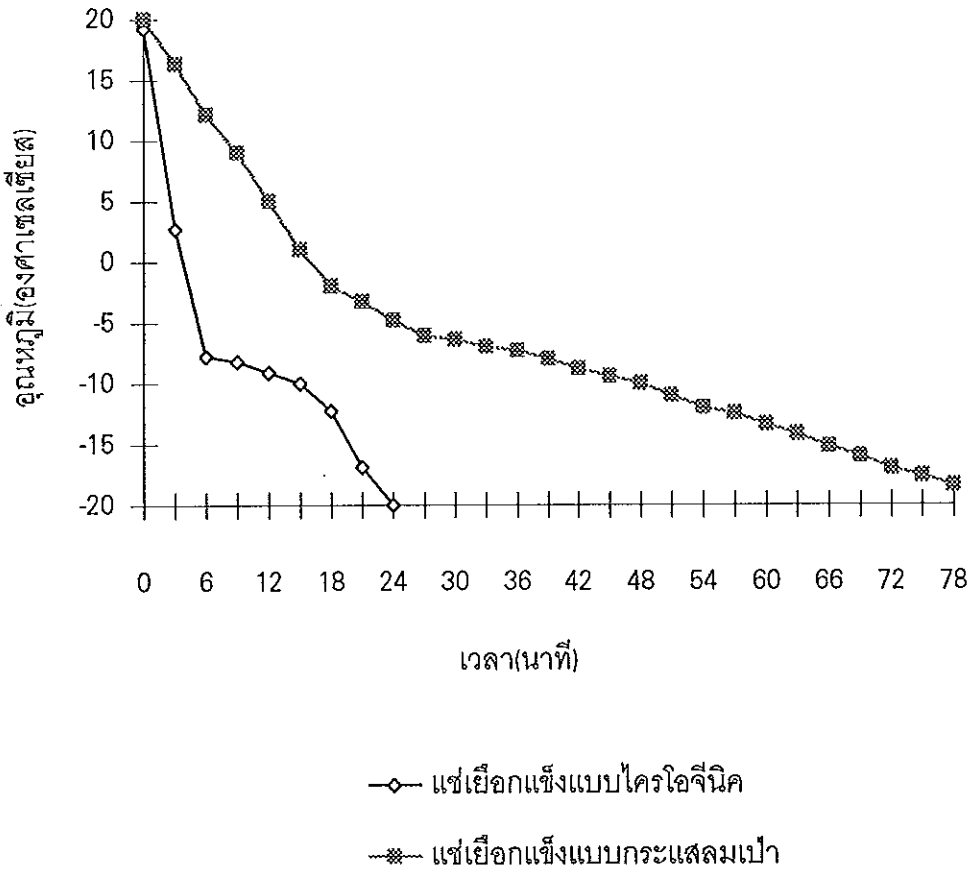
[1] ตัวอักษร a, b และ c ในแนวนอนที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.01)

ตารางที่ 10 ปริมาณสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมของลูกชิ้นปลาหมึกที่พัฒนาแล้ว

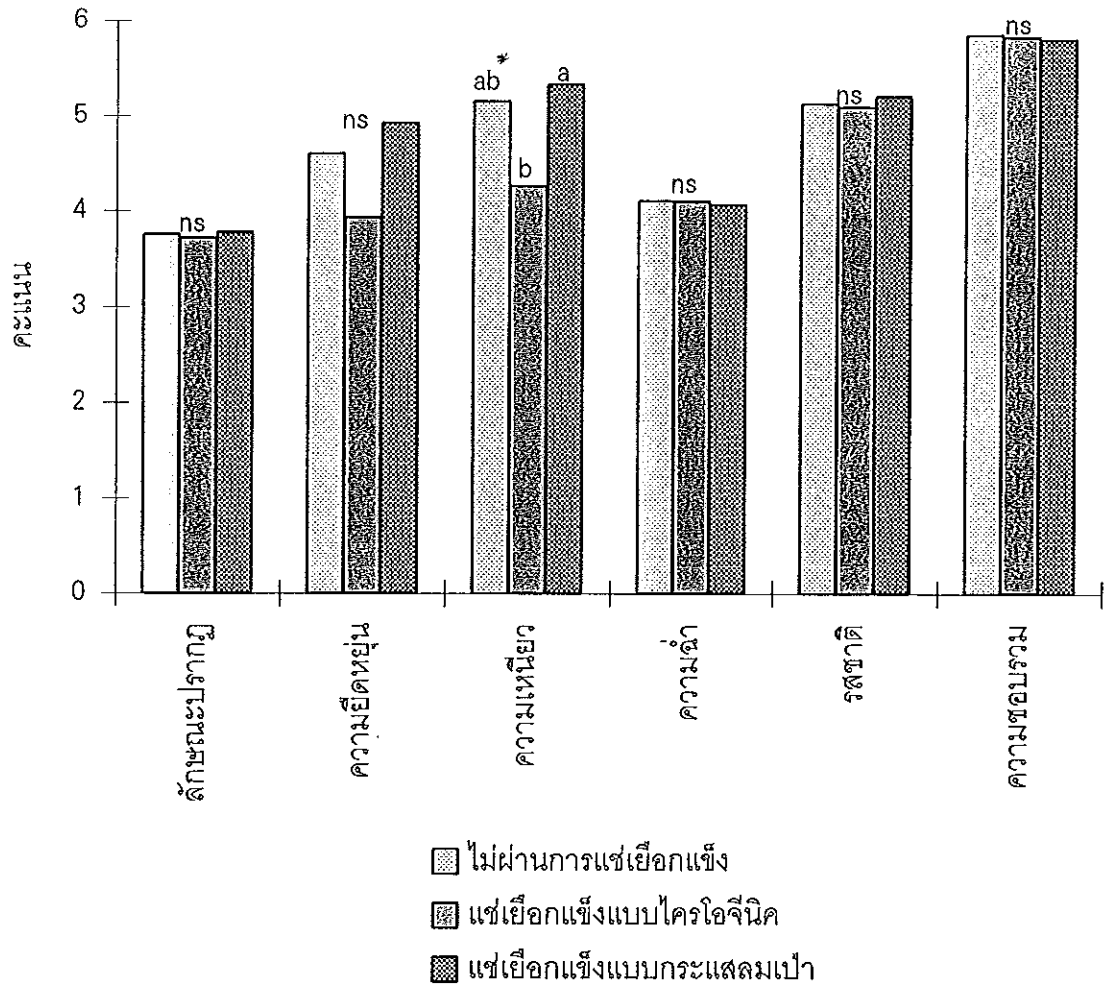
	ปริมาณ (กรัม)	ร้อยละ
ปลาหมึก	68	64.49
เนื้อปลาบด	12	11.38
แป้ง	20	18.96
เกลือ	1.74	1.65
น้ำตาล	2.61	2.48
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	0.26	0.25
ผงชูรส	0.43	0.41
พริกไทย	0.40	0.38
รวม	105.44	100



ภาพที่ 15 เค้าโครงลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก (สูตรพัฒนา)



ภาพที่ 16 อัตราการแช่เยือกแข็งผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกด้วยการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค และแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่า



ภาพที่ 17 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึกที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็ง แช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิค และแบบกระแสลมเป่า

* ตัวอักษร a และ b ในปัจจัยเดียวกันที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

ns ในปัจจัยเดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$)

การแช่เยือกแข็งขึ้นกับอัตราเร็วในการแช่เยือกแข็ง วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร และ พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล (2537) รายงานว่าการแช่เยือกแข็งแบบไครโอจีนิคจะทำให้น้ำที่อยู่ในลูกชิ้นปลาเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็วได้ผลึกขนาดเล็กกระจายอยู่ทั่วไปในเนื้อลูกชิ้น ทำให้โครงสร้างของลูกชิ้นไม่เกิดการฉีกขาด จึงให้คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่คล้ายลูกชิ้นสดมากที่สุด และต่างจากการแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าใช้เวลานานกว่าจึงเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในผลิตภัณฑ์ ผลึกน้ำแข็งจะทิ่มแทงและทำลายโครงสร้างที่เป็นเจลของลูกชิ้น ขณะนำมาละลายน้ำแข็งมีการสูญเสียน้ำและแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งปนมากับน้ำมาก เมื่อนำมาอุ่นให้ร้อนและทำการทดสอบชิมจึงมีลักษณะฟาม หรือเหนียวคล้ายยาง

6. ต้นทุนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

ต้นทุนการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งในการทดลองครั้งนี้ คำนวณเฉพาะวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเป็นลูกชิ้นปลาหมึกซึ่งประกอบด้วยเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด เกลือ น้ำตาล โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ผงชูรส และพริกไทยป่น ซึ่งมีต้นทุนการผลิต 7.68 บาทต่อขนาดบรรจุ 250 กรัม หรือกิโลกรัมละ 30.72 บาท โดยไม่คิดค่าภาชนะบรรจุซึ่งจะมีต้นทุนผันแปรไปตามชนิดที่ใช้ และไม่คิดต้นทุนพลังงานซึ่งประกอบด้วย ค่ากระแสไฟฟ้าในการสับผสม ค่าแก๊สในการทำให้ผลิตภัณฑ์สุก ค่ากระแสไฟฟ้าในการแช่เยือกแข็ง ค่ากระแสไฟฟ้าในการปิดผนึกภาชนะบรรจุ เนื่องจากใช้เครื่องมือไม่เต็มประสิทธิภาพ

จากการสำรวจราคาผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่มีขายในตลาดซึ่งผลิตจากกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวของปลาหมึกพบว่าอยู่ในช่วงกิโลกรัมละ 80-85 บาท ถ้าใช้กล้ามเนื้อส่วนครีบและเศษเนื้อปลาหมึกมาใช้แทนเนื้อส่วนดังกล่าวเช่นเดียวกับการทดลองนี้จะช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำลง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ประกอบการมีผลตอนแทนในการลงทุนเพิ่มขึ้น ส่วนรายละเอียดการคำนวณต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งแสดงในภาคผนวก จ

7. ผลการสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์

7.1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้บริโภคที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์เป็นบุคคลภายในอำเภอหาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 100 คน มีลักษณะทางประชากรศาสตร์ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้คือ ผู้บริโภคประกอบด้วยเพศหญิงและเพศชายในปริมาณที่ใกล้เคียงกันมากคือ 49 และ 51 คน ผู้บริโภคจำนวนดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่อยู่

ในช่วงวัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ คืออายุระหว่างต่ำกว่า 21 ปีถึง 35 ปี ถึงร้อยละ 85 ผู้บริโภคร้อยละ 39 มีการศึกษาในระดับปริญญาตรี และมีอาชีพเป็นนักศึกษาเป็นส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 53 รองลงมาเป็นลูกจ้าง ข้าราชการ อาจารย์และนักธุรกิจร้อยละ 19 17 7 และ 4 ตามลำดับ มีรายได้ต่อเดือนอยู่ในช่วงต่ำกว่า 2,000 ถึง 8,000 บาท

7.2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคภายในอำเภอหาดใหญ่ จ.สงขลา จำนวน 100 คน พบว่าผู้บริโภคทั่วไปร้อยละ 76 ชอบรับประทานลูกชิ้นโดยผู้บริโภคร้อยละ 44 บริโภคลูกชิ้นสัปดาห์ละ 2-4 ครั้ง นิยมบริโภคในรูปแบบลูกชิ้นปิ้งมากที่สุด รองลงมาเป็นลูกชิ้นทอด รับประทานร่วมกับก๋วยเตี๋ยว ปรุงเป็นแกงจืด ผัด และปรับปรุงเป็นแกงเผ็ด ผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคนิยมมากที่สุด คือ ลูกชิ้นเนื้อร้อยละ 22.9 รองลงมาคือลูกชิ้นปลา หมู เอ็น ไก่ กุ้ง ปลาหมึกและปู ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ามีขายอย่างแพร่หลายเป็นเหตุผล แม้ผู้บริโภคมีความชอบรับประทานปลาหมึกสูงถึงร้อยละ 77 แต่แม้มีเพียงร้อยละ 37 เท่านั้นที่เคยรับประทานลูกชิ้นปลาหมึก จากการให้คะแนนลำดับความสำคัญ (Ranking) ต่อปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของบริโภค พบว่าผู้บริโภคให้ความสำคัญกับรสชาติมาเป็นอันดับหนึ่ง เหมือนกับการศึกษาของ อารยา เชาว์เรือง ฤทธิ์ (2536) ซึ่งศึกษาปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ห่อหมก ปัจจัยที่พิจารณารองลงมาคือ คุณค่าทางอาหาร ราคา ความสะดวกในการซื้อและการบริโภค ลักษณะปรากฏ ภาชนะบรรจุและโฆษณาตามลำดับ (ตารางที่ 11)

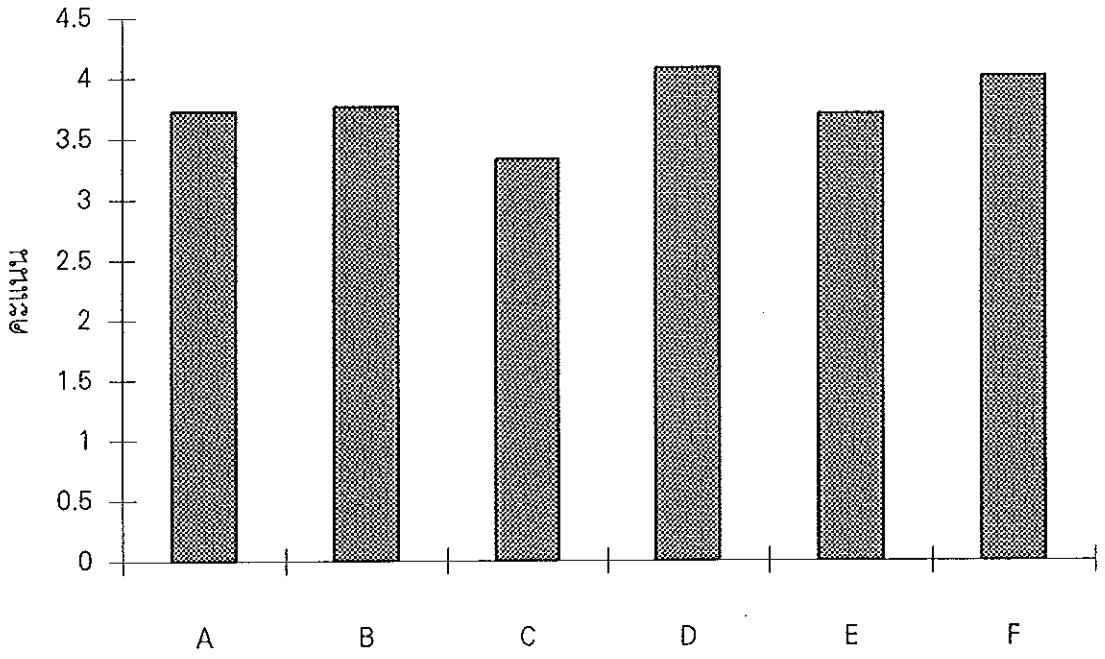
7.3 การยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

การสำรวจความชอบของผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกโดยการให้คะแนนความชอบ (Hedonic scale; 5 ระดับคะแนน) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 18 พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก โดยมีความชอบด้านรสชาติมากเป็นอันดับหนึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 4.08 รองลงมาเป็นความชอบรวมมีคะแนนเฉลี่ย 4.02 ซึ่งคะแนนที่ลดลงนี้มีอิทธิพลเนื่องมาจากผู้บริโภคมีความชอบคุณลักษณะด้านสี ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัสและกลิ่นในระดับที่ต่ำกว่า คืออยู่ในช่วงชอบถึงชอบเล็กน้อยโดยมีคะแนนเฉลี่ย 3.76 3.72 3.70 และ 3.33 ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่ผลิตได้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป ซึ่งร้อยละ 62 มีการยอมรับในระดับสูง ร้อยละ 37 ในระดับปานกลาง และในระดับต่ำเพียงร้อยละ 1 ซึ่งในกลุ่มผู้บริโภคดังกล่าวร้อยละ 76 มีความพอใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 21 ยังคงมีความลังเลใจในการซื้อและร้อยละ 3 ปฏิเสธที่จะไม่ซื้อ

ตารางที่ 11 ความถี่และคะแนนรวมของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของผู้บริโภค

ระดับความสำคัญ	ความถี่						
	รสชาติ	คุณค่าทางอาหาร	ราคา	ความสะดวกในการซื้อและการบริโภค	ลักษณะปรากฏ	ภาชนะบรรจุ	โฆษณา
1	41	21	12	13	18	0	0
2	27	20	20	10	12	7	0
3	12	17	20	23	15	9	2
4	10	23	17	27	11	11	4
5	7	13	19	17	25	15	7
6	3	3	10	8	15	45	15
7	0	3	2	2	4	13	72
คะแนนรวม*	224	308	349	357	374	521	651

* คะแนนรวม = ความถี่ x ระดับความสำคัญ



A = ลักษณะปรากฏ
B = สี
C = กลิ่น
D = รสชาติ
E = เนื้อสัมผัส
F = ความชอบรวม

ภาพที่ 18 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งของผู้บริโภคภายในอำเภอหาดใหญ่ จำนวน 100 คน

จากการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับน้ำหนักบรรจุและราคาของผลิตภัณฑ์ พบว่าผู้บริโภคร้อยละ 89 มีความเห็นว่าน้ำหนักที่เหมาะสมต่อภาชนะบรรจุคือ 250 กรัม และผู้บริโภคร้อยละ 67 ยินดีที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 25 บาทต่อขนาดบรรจุ 250 กรัม หรือกิโลกรัมละ 100 บาท ในขณะที่ราคาของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกซึ่งผลิตโดยใช้ส่วนลำตัวปลาหมึกและเป็นปลาหมึกอย่างดีมีขายในท้องตลาดอยู่ในช่วงกิโลกรัมละ 80-85 บาท เมื่อนำคะแนนความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของแต่ละคนมาทำการวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทั้ง 5 กับความชอบรวม พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชอบรวมกับลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$) และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 12) โดยที่ลักษณะปรากฏมีความสัมพันธ์กับความชอบรวมสูงกว่าคุณลักษณะอื่นๆ รองลงมาเป็นเนื้อสัมผัส รสชาติ สี และกลิ่นซึ่งมีผลต่อความชอบรวมน้อยที่สุด แสดงว่าถ้าผู้บริโภคให้คะแนนลักษณะปรากฏและเนื้อสัมผัสสูงจะให้คะแนนความชอบรวมสูงขึ้นด้วย ทำให้ผู้บริโภคมีการยอมรับผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางมีความชอบเพิ่มขึ้นและผู้บริโภคที่ยังไม่แน่ใจในการซื้อผลิตภัณฑ์หันมาซื้อผลิตภัณฑ์มากขึ้น

8. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่พัฒนาแล้ว แล้วเก็บรักษาที่ห้องอุณหภูมิ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างทุกๆ 2 สัปดาห์มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

จากการทดสอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าในผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกทั้งสองชุดการทดลองที่อายุการเก็บรักษา 0 และ 12 สัปดาห์ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับปริมาณไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ (ภาพที่ 19) ซึ่งเป็นดัชนีที่บอกถึงความสดของอาหารทะเลพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บแต่ยังคงอยู่ในปริมาณต่ำ ถือว่ายังมีความสดซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐาน สมอ., 2525 กำหนดปลาหมึกแช่เยือกแข็งมีค่าด่างระเหยได้ทั้งหมดไม่เกิน 30 มก/น้ำหนักเนื้อปลาหมึก 100 กรัม

สำหรับค่าความชื้น (ภาพที่ 20) ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยทั้งนี้เนื่องจากผลิตภัณฑ์บรรจุในถุงครัยโอแวคซึ่งมีการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อย โดย

ตารางที่ 12 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่าคะแนนความชอบรวมของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก

	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส
สี	0.5589**				
กลิ่น	0.4068**	0.2872**			
รสชาติ	0.1899	0.0376	0.1489		
เนื้อสัมผัส	0.4853**	0.3518**	0.3212**	0.1730	
ความชอบรวม	0.6002**	0.4255**	0.3517**	0.4429**	0.5553**

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

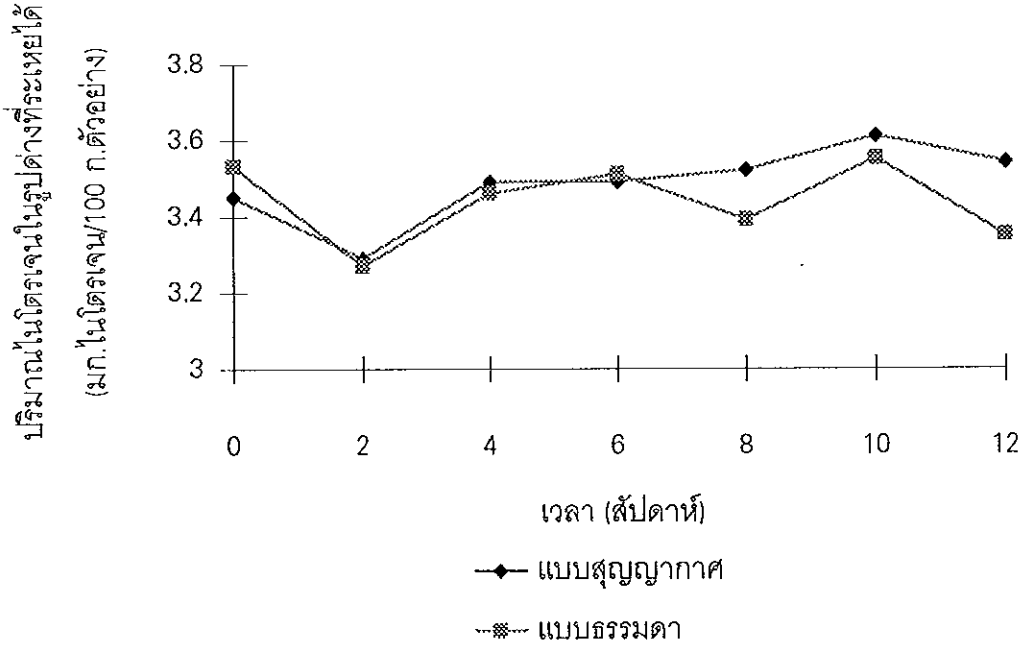
* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 13 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

องค์ประกอบทางเคมี [1]	อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	การบรรจุ	
		แบบสุญญากาศ	แบบธรรมดา
โปรตีน	0	23.62±0.52 ns	23.54±3.54
	12	23.64±0.94	22.80±1.56
ไขมัน	0	4.84±0.21 ns	4.68±0.16
	12	4.71±0.10	4.77±0.09
เถ้า	0	6.38±0.13 ns	6.52±0.16
	12	6.40±0.30	6.51±0.12

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

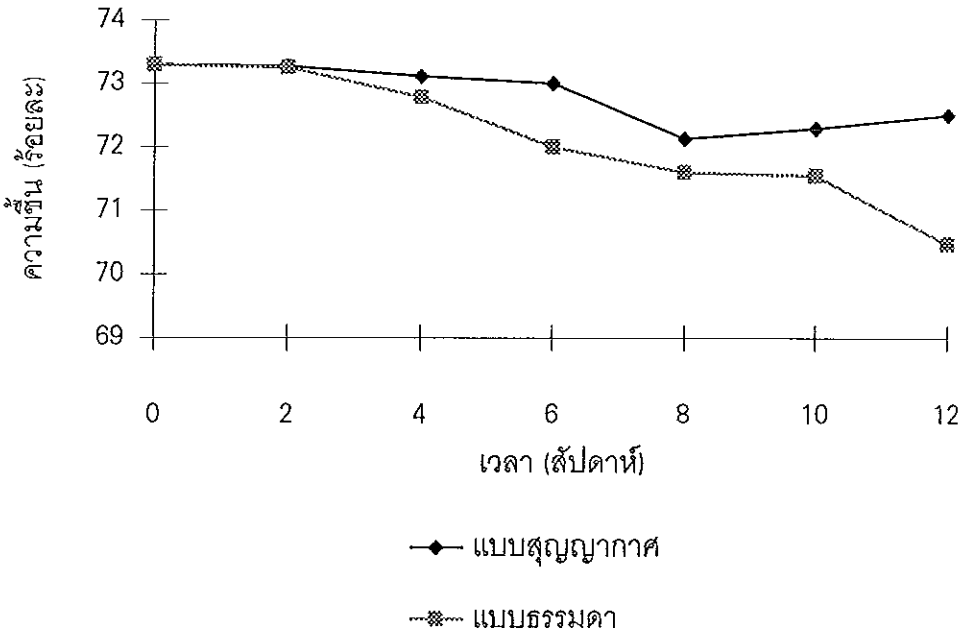
ns ในแนวตั้งและแนวนอนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

$LSD_{(0.05)}$ มีค่าเท่ากับ 0.30

$LSD_{(0.01)}$ มีค่าเท่ากับ 0.40



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงความชื้นของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

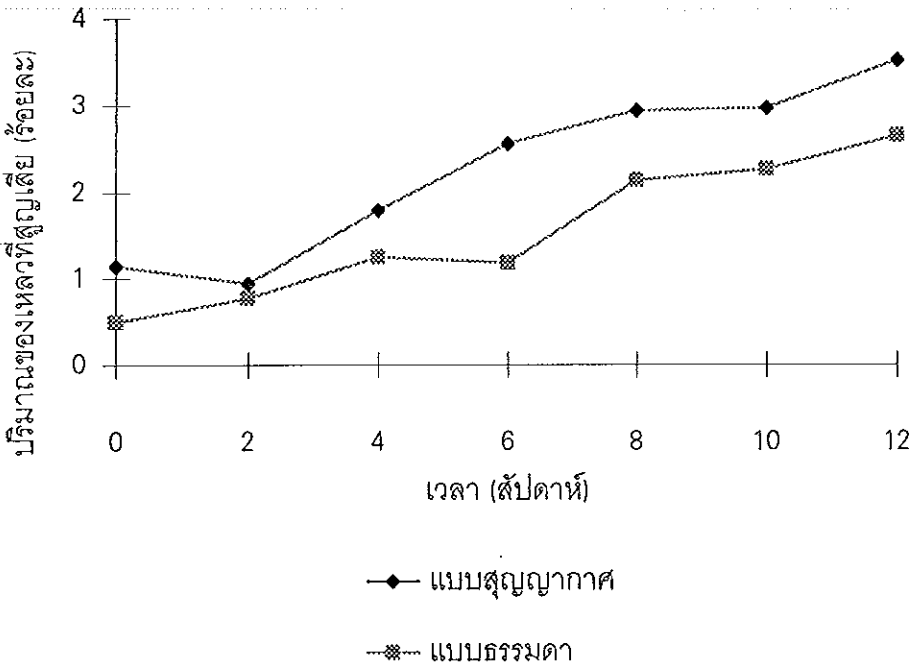
$LSD_{(0.05)}$ มีค่าเท่ากับ 0.31

$LSD_{(0.01)}$ มีค่าเท่ากับ 0.42

ค่าการซึมผ่านของไอน้ำของถุงครัยโอแวคมีค่าเท่ากับ 0.6 กรัม/645 ซม^2 เวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส แต่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศมีการสูญเสียความชื้นน้อยกว่าแบบธรรมดาและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อาจเนื่องจากการหมุนเวียนของบรรยากาศภายในภาชนะบรรจุแบบสุญญากาศมีน้อยมาก ทำให้โอกาสที่ผลิตภัณฑ์จะมีการระเหยของน้ำที่ผิวหรือการเปลี่ยนแปลงของของเหลวในผลิตภัณฑ์เป็นไปได้น้อยกว่าแบบธรรมดาซึ่งผลดังกล่าวนี้ส่งผลต่อไปถึงคุณภาพทางกายภาพด้านปริมาณของเหลวที่สูญเสียด้วย จากการทดลองพบว่าปริมาณของเหลวที่สูญเสีย (ภาพที่ 21) ของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการเก็บรักษาเนื่องจากเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของห้องเก็บเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีการละลายและเกิดใหม่ของผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ ผลึกน้ำแข็งที่เกิดใหม่ซึ่งมีขนาดโตกว่าเดิมและทำลายเซลล์ของผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาละลายน้ำแข็งจึงทำให้มีปริมาณของเหลวที่สูญเสียเพิ่มมากขึ้น ส่วนสาเหตุที่ผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศมีปริมาณของเหลวที่สูญเสียสูงกว่าผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุแบบธรรมดาและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นั้นมีสาเหตุมาจากปริมาณความชื้นที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ดังที่กล่าวข้างต้นไม่เท่ากัน ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ซึ่งบรรจุแบบสุญญากาศมีมากกว่าแบบธรรมดาดังนั้นเมื่อนำไปละลายน้ำแข็งก็จะให้ปริมาณของน้ำและแร่ธาตุที่ถูกชะออกมากับน้ำในสภาพของเหลวที่สูญเสียมากกว่าตามไปด้วย

จากการทดลองพบว่าการสูญเสียน้ำที่บริเวณผิวของผลิตภัณฑ์เป็นสาเหตุให้ผิวของผลิตภัณฑ์เริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาวและเริ่มเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดาเมื่อมีอายุการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ และเด่นชัดขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจนเป็นสาเหตุให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ที่วัดได้จากเครื่อง Juki สำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดามีค่าสูงผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบสุญญากาศดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งโดยใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้วจำนวน 10 คน ให้คะแนนแบบพรรณนาเชิงปริมาณ โดยใช้ค่าที่ผู้ชิมประเมินได้ในระหว่างการเก็บรักษามาเทียบกับค่าที่วัดได้ในวันเริ่มต้น ได้ผลดังตารางที่ 15 และ 16 โดยพบว่าผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชุดการทดลองมีลักษณะปรากฏและความเหนียวเพิ่มขึ้น ส่วนสีความยืดหยุ่น ความฉ่ำ รสชาติ และการยอมรับลดลงเมื่อเทียบกับวันเริ่มต้น โดยเฉพาะการลดลงของค่าสีสำหรับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดา (ตารางที่ 16) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อันเนื่องจากการสูญเสียน้ำที่ผิวแล้วส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพจนเป็น



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของเหลวที่สูญเสียของผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง ระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

$LSD_{(0.05)}$ มีค่าเท่ากับ 0.01

$LSD_{(0.01)}$ มีค่าเท่ากับ 0.01

ตารางที่ 14 คุณลักษณะด้านสีของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี [1] L		a		b	
	การบรรจุแบบสุญญากาศ	การบรรจุแบบธรรมดา	การบรรจุแบบสุญญากาศ	การบรรจุแบบธรรมดา	การบรรจุแบบสุญญากาศ	การบรรจุแบบธรรมดา
0	23.55±1.49 c [2]	23.42±1.13 c	-0.39±0.03 b	-0.36±0.08 ns	1.41±0.28 ns	1.20±0.14 ns
2	23.90±1.36 bc	24.00±1.17 c	-0.44±0.04 ab	-0.40±0.12	1.42±0.17	1.17±0.13
4	24.06±1.28 bc	24.37±0.56 c	-0.50±0.05 a	-0.39±0.04	1.30±0.35	1.25±0.18
6	24.99±1.10 abc	25.20±1.01 c	-0.47±0.04 ab	-0.35±0.02	1.37±0.34	1.38±0.27
8	25.14±0.90 abc	25.99±1.42 bc	-0.45±0.06 ab	-0.37±0.07	1.43±0.29	0.95±0.31
10	25.87±0.78 ab	27.54±2.46 ab	-0.54±0.08 a	-0.40±0.07	1.36±0.13	1.35±0.34
12	26.20±1.49 a	28.16±1.36 a	-0.46±0.12 ab	-0.40±0.07	1.44±0.24	1.58±0.31

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจาก 2 ชุดการทดลองๆ ละ 2 ซ้ำ

[2] ตัวอักษร a, b และ c ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 15 ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่บรรจุแบบสุญญากาศระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับ [1]						
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความยืดหยุ่น	ความเหนียว	ความฉ่ำ	รสชาติ	การยอมรับ
0	1.00±0.45 ns	1.00±0.41 ns	1.00±0.25 ns	1.00±0.26 ns	1.00±0.19 ns	1.00±0.22 ns	1.00±0.15 ns
2	1.03±0.42	0.98±0.29	0.98±0.28	1.03±0.24	0.97±0.26	0.96±0.27	1.00±0.15
4	1.06±0.52	0.82±0.36	0.95±0.20	1.06±0.32	0.95±0.22	0.94±0.12	0.98±0.16
6	1.14±0.41	0.81±0.38	0.94±0.22	1.07±0.23	0.92±0.25	0.85±0.26	0.97±0.16
8	1.21±0.47	0.76±0.27	0.93±0.19	1.10±0.28	0.87±0.35	0.85±0.31	0.96±0.22
10	1.27±0.51	0.76±0.28	0.87±0.24	1.11±0.20	0.85±0.30	0.87±0.23	0.94±0.10
12	1.32±0.50	0.69±0.40	0.86±0.24	1.13±0.17	0.84±0.34	0.84±0.28	0.95±0.14

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 10 คน

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 16 ค่าอัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งที่บรรจุแบบธรรมดา ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ

ระยะเวลา (สัปดาห์)	อัตราส่วนเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับ [1]						
	ลักษณะปรากฏ	สี	ความยืดหยุ่น	ความเหนียว	ความฉ่ำ	รสชาติ	การยอมรับ
0	1.00+0.40 ns	1.00+0.34 a [2]	1.00+0.12 ns	1.00+0.26 ns	1.00+0.17 ns	1.00+0.16 ns	1.00+0.10 ns
2	1.03+0.44	0.96+0.22 a	0.89+0.27	1.02+0.30	1.00+0.21	0.97+0.14	0.94+0.16
4	1.04+0.46	0.77+0.31 ab	0.88+0.22	1.05+0.34	0.98+0.32	0.95+0.22	0.91+0.13
6	1.10+0.43	0.74+0.34 ab	0.87+0.26	1.08+0.32	0.92+0.26	0.94+0.23	0.93+0.20
8	1.14+0.45	0.74+0.29 ab	0.84+0.20	1.12+0.43	0.91+0.29	0.92+0.26	0.89+0.18
10	1.17+0.43	0.71+0.25 ab	0.79+0.22	1.13+0.17	0.87+0.22	0.91+0.30	0.92+0.10
12	1.19+0.38	0.65+0.38 b	0.78+0.22	1.17+0.21	0.83+0.28	0.89+0.26	0.87+0.26

[1] ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผู้ทดสอบ 10 คน

[2] ตัวอักษร a และ b ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ข้อด้อยที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์น้อยลง แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งตลอดการเก็บรักษา 12 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นในการบรรจุแบบธรรมดาและแบบสูญญากาศเป็น 4.59×10^3 และ 4.69×10^3 โคโลนีต่อกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 17) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลงจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ทั้งนี้เพราะกรรมวิธีการแช่เยือกแข็งมีส่วนช่วยทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ จึงมีผลให้ปริมาณจุลินทรีย์ในระหว่างเก็บรักษาต่ำกว่าเริ่มต้น สอดคล้องกับรายงานของสุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล (2535) ซึ่งพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์กุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเพราะเซลล์ถูกทำลายโดยผลึกน้ำแข็งซึ่งทวีความรุนแรงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ตารางที่ 17 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

อายุการเก็บรักษา (สัปดาห์)	การบรรจุ[1]	
	แบบสุญญากาศ	แบบธรรมดา
0	4.69±0.15 a	4.59±0.50 a[2]
2	4.66±0.30 a	4.36±0.52 a
4	3.80±0.50 b	3.68±0.46 b
6	3.41±0.49 bc	3.56±0.77 bc
8	3.06±0.36 c	3.32±0.51 bc
10	2.92±0.62 c	2.96±0.32 c
12	2.75±0.54 c	2.86±0.05 c

[1] ปริมาณในหน่วย 10^3 โคโลนีต่อกรัม และเป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการทดลอง 2 ชุดการทดลอง ๆ ละ 2 ซ้ำ

[2] ตัวอักษร a, b และ c ในแนวตั้งที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

บทที่ 4

สรุป

การพัฒนาลูกชิ้นปลาหมึกโดยใช้เศษปลาหมึกเป็นวัตถุดิบหลัก พบว่าการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้เนื้อสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต้องเสริมด้วยเนื้อปลาบดและแป้ง โดยมีส่วนผสมของเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้งเป็น 68:12:20 ตามลำดับ การพัฒนาเครื่องปรุงรส พบว่าการใช้ปริมาณพริกไทยร้อยละ 0.4 (เทียบกับผลรวมของเศษปลาหมึก เนื้อปลาบดและแป้ง) ช่วยลดกลิ่นคาวของผลิตภัณฑ์ได้ขณะเดียวกันคุณลักษณะอื่นยังคงใกล้เคียงกับความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด ลูกชิ้นที่ได้จากการพัฒนามีส่วนผสมของเศษปลาหมึก เนื้อปลาบด แป้ง เกลือ น้ำตาล โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ผงชูรส และพริกไทยร้อยละ 64.49 11.38 18.96 1.65 2.48 0.25 0.41 และ 0.38 ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ได้จากการพัฒนาสามารถนำไปแช่เยือกแข็งจนอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของผลิตภัณฑ์ลดลงถึง -18° ซ โดยการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วแบบไครโอจีนิคใช้เวลา 22 นาที ส่วนการแช่เยือกแข็งในห้องแช่เยือกแข็งแบบกระแสลมเป่าใช้เวลา 1 ชั่วโมง 18 นาที ความชอบรวมของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งทั้งสองวิธีดังกล่าวและลูกชิ้นที่ไม่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

การสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคทั่วไปพบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาในระดับปานกลางถึงสูง ผู้บริโภคร้อยละ 67 ยินดีซื้อผลิตภัณฑ์ในราคา 25 บาทต่อน้ำหนักบรรจุ 250 กรัม จากการประเมินต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งพบว่าต้นทุนการผลิต (เฉพาะวัตถุดิบ) เท่ากับ 7.68 บาทต่อน้ำหนัก 250 กรัม

จากการประเมินคุณภาพทางเคมี .จุลินทรีย์และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดาและสุญญากาศมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และผู้ทดสอบชิมยอมรับผลิตภัณฑ์ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะ

1. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ควรขึ้นรูปภายใต้สภาวะที่มีความดันหรือโดยการอัดใส่ในไส้ก่อนการเซ็ตตัวของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ลักษณะภายนอกเรียบ
2. น่าจะมีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นแบบอื่นๆ ที่นอกเหนือจากลักษณะกลมเพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค
3. ควรบรรจุผลิตภัณฑ์ในสภาพสุญญากาศเพื่อความสวยงาม ดึงดูดใจลูกค้าและลดการสูญเสียน้ำของผลิตภัณฑ์

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2538. สถิติปริมาณและมูลค่าสัตว์น้ำ ณ ท่าขึ้นปลาต่างๆ ประจำปี 2535. ฝ่ายสถิติการประมง กองนโยบายและแผนงานประมง.

กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2535. สถิติการค้าและเครื่องชี้ภาวะเศรษฐกิจของไทย ปี 2535. กรุงเทพ: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ข้อมูลจากการสอบถาม. 2536. โรงงานผลิตอาหารทะเลแช่เยือกแข็งในภาคใต้ของประเทศไทย.

จารุวัฒน์ นภีตะภัฏ, พานิชย์ สังข์เกษม, ยาใจ เจริญวิทยะกุล และนพดล ค้าขาย. 2536. โครงการวิจัยการเพาะเลี้ยงปลาหมึก. เอกสารเผยแพร่ ฉบับที่ 1/2536 สถานีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดระยอง, กองเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, กรมประมง.

จิราวรรณ แย้มประยูร, พรรณทิพย์ สุวรรณสาครกุล และพรทิพย์ เกียรกังวาลไกล. 2523. ศึกษาคุณภาพลูกชิ้นปลาในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ. รายงานประจำปี, กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง.

ทีมเทคโนฯ. 2536. หมึกสัตว์น้ำผู้เสียสละแห่งท้องทะเล. มติชนสุดสัปดาห์. 13(681):29-30

นิรนาม. 2535. อุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง. วัฏจักรอุตสาหกรรม 3(51):22-28.

นิรนาม. 2536. ประมงวาดฝันเลี้ยงปลาหมึกชูเศรษฐกิจ. มติชนรายวัน. 15 กรกฎาคม 2536, หน้า 11.

ประเสริฐ สายสิทธิ์. 2524. ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2535. การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2535. การวางแผนและการวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาเชียงใหม่.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2535. สถิติสำหรับการวิจัยทางเกษตร. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มยุรี จัยวัฒน์. 2527. การให้ความเย็นสัตว์น้ำ. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาลา สุพงษ์พันธ์. 2527. ทรัพยากรและการประมงปลาหมึกในอ่าวไทย. ว.การประมง 37(4): 340-346.

มิตรภาพ ชลานุเคราะห์. 2537. การประมงไทย ปัญหาและทางออก. ปราสาทสังข์. ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน) 12(4):12-19.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร และพิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2537. ลูกชิ้นปลาแช่แข็งได้หรือ. อุตสาหกรรมเกษตร. 5(2):38-41.

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

สมอ. 2525. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็ง (มอก.428-2525). กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมอ. 2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพด (มอก.637-2529). กระทรวงอุตสาหกรรม.

สุนิสา ศรีพงษ์พันธ์กุล. 2535. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำระหว่างการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2532. สัตว์ทะเลชายฝั่งทะเลไทย. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แพร่วิทยา.

องค์การสะพานปลา. 2537. ปลาเศรษฐกิจของไทย. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อารยา เชาวเรืองฤทธิ์. 2536. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เศษเนื้อปลาทูน่าปรุงรสห่อด้วยผักแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analytical Chemical Chemists. 15th ed. Verginia:The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

Barnes, R.D. 1974. Invertebrate Zoology. 3 ed. Singapore:Toppan Printing Co. Pte. Ltd.

Borgstrom, G. 1965. Fish as Food. vol.4 New York: Acadamic Press, Inc.

Chu, Y.J., Ueng, Y.E. and Chow C.J. 1992. Comparative study on the characteristics of cephalopod mantle muscle for surimi-base product processing. J. Fish. Soc. Taiwan. 19(1):75-82.

Crossman, R. 1982. State of the art in handling, processing and new product development in New Zealand. In Proceeding of the International Squid Symposium, August 9-12, 1981, Boston, Mass., sponsered by the New England Fisheries Development Foundation and NMFS. New York: UNIPVB,pp. 187-193.

Dov, B. 1988. Critical values of differences among ranks sums for multiple comparisons Food Technol. 42(1)79-84.

Earle, M.D. and Anderson, A.M. 1985. Product and Process Development in Food Industry. New York: The Harwood Academic Publishing.

Egan, H., Kirk, R.S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. London:Churchill Livingstone.

Endo, K., Hujita, M. and Simidu, W. 1954. Studies on muscle of aquatic animal XXII. On distribution of extractive nitrogen and free glycine content in squids. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 20:723-725.

Gosline, J.M. and Shadwick, R.E. 1983. The mollusca. Volume 1. Metabolic Biochemistry and Molecular Biomechanics. New York: Academic Press, Inc.

Guthworth, M.S., Tinker, B.L. and Learson, R.J. 1982. Textural evaluation of squid (*Illex illecebrosus*) as affected by cook time: sensory and instrumental analysis. Proceedings of the International Squid Symposium, Boston, Mass. 9-12 August, 1981.

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

Hennigar. C.J., Buck, E.M., Hultin, H.O. Peleg, M. and Vareltzis,K. 1988. Effect of washing and sodium chloride on mechanical properties in fish muscle gels. J. of Food Sci. 53:963-964.

Jiang, S.T. 1986. Effect of modified starch on the quality of frozen minced fish products. Department of Marine Food Science, National Taiwan College of Marine Science & Technol., Taiwan. อ้างโดย พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2535. การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Joseph, J. and Perigreen, P.A. 1988. Studies on frozen storage of cuttlefish fillets. Fishery Technology. 25(1):32-35.

Kahn, L.N. et al., 1974. Squid protein isolate: effect of processing conditions on recovery yields. J.Food Sci., 39(3):593-5. . cited by Kreuzer, R. 1984. Cephalopods: Handling, Processing and Products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kahn, L.N. et al., 1975. Squid protein concentrates 1. Evaluation of process and product characteristics. Food Sci. Technol. 8(2):64-69. . cited by Kreuzer, R. 1984. Cephalopods: Handling, Processing and Products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ke, P.J., Woyewoda, A.D. and Fierheller, M. 1979. Handling methods and quality evaluation of fresh Canada Atlantic squid (*Illex illecebrosus*). Tech. Rep. Fish. Mar. Serv. Can. (898):8 p. cited by Kreuzer, R. 1984. Cephalopods: Handling, Processing and Products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kier, W.M. 1989. The fin musculature of cuttlefish and squid (Mollusca, Cephalopoda): morphology and mechanics. J. Zool. Lond. 217:23-38.

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

Kim, J.M. 1988. Studies on flow and gel forming behavior of squid surimi in relative to formation. Proceedings: Twelfth Annual Conference of the Tropical and Subtropical Fisheries Technological Society of the Americas.pp 194-212.

Konosu, S., Akiyama, T. and Movi, T. 1958. Muscle extracts of aquatic animals.I. Amino acids, trimethylamine and trimethyl amine oxide in the muscle extracts of squid. *Ommastrephes sloani* Pacificus. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 23:561-564.

Kreuzer, R. 1984. Cephalopods: Handling, Processing and Products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Kreuzer, R. 1986. Squid-seafood extraordinaire. Infofish Marketing Digest. 6:29-32.

Lawrence, R. Consolation, F. and Jelen, P. 1986. Formation of structured protion foods by freeze texturization. Food Technol. 40:70-82.

Lee, D.J.Y. and Pan, B.S. 1979. Studies on the minced squid product.1. Effect of freshness of raw material on texture of product. J.Fish.Soc.Taiwan 6(2):66-73.

Lee, J.H., Choi, B.D., Lee, K.H. and Ryu, H.S. 1989. Flavor components in the squid processing. Bull. Korean Fish Soc. 22(5):370-374.

Nitisewojo, P. 1987. Effect of frozen storage on the texture of squid (*Loligo sp.*) mantle.Asean Food Journal (2):72-73.

Nitisewojo, P. and Hultin, H.O. 1986. Characteristics of TMAO degrading system in Atlantic short finned squid (*Illex illecebrosus*). J. of Food Biochem. 10:93-106.

Niwa, E. 1985. Functional aspect of surimi. Proceedings of the International Symposium on Engineered Seafood Including Surimi. Washington D.C.:National Fisheries Institute. pp. 141-147 อ้างโดย พิมลพรรณ ฮั่นไพศาล. 2535. การปรับปรุงคุณภาพลูกชิ้น ปลาแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Okutani, K. and Morikawa,N. 1978. Purification and characterization of the polysacharide obtained from squid internal shell. Bull.Jap.Soc.Sci.Fish., 44(7):749-753.

Okutani, K. 1982. Further investigation of the antitumer activity of the squid internal shell. Bull. Jap.Soc.Sci.Fish., 18(3):421-424.

Otwell, W.S. and Hamann, D.D., .1979. Textural characterization of squid (*Loligo pealei* Lesuer): scanning electron microscopy of cooked mantle. J. of Food. Sci. 44(1629-1635)

Otwell, S.W. and Giddings, G.G. 1980. Scanning electron microscopy of squid (*Loligo pealei*): raw.cooked and frozen mantle. Mar. Fish.Rev. 42(7-8):67-73.

O'Mahony, M. 1986. Sensory Evaluation of Food. New York: Marcel Dekker, Inc.

Roper, C.F.E., Sweeney, M.G. and Nauen, C.E. 1984. FAO species catalogue vol.3: Cephalopods of the World. FAO Fisheries Synopsis No.125.

Saffle, R.L. and Galbreath, J.W. 1964. Quantitative determination of salt-soluble protein in various types of meat. Food Technol. 18:119.

Sheehy, D.J. and Vik, S.F. 1980. "Saki-ika": dried squid processing equipment and markets. Mar. Fish. Rev, 42(7-8):85-92.

Simidu, W. and Takeda, M. 1952. Studies on muscle of aquatic animals. XII. Distribution of extractive nitrogens in muscles of squids. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 18:233-236.

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

Stanley, D.W. and Smith, A.K. 1984. Microstructure of squid muscle and its influence on texture. Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 17(4):209-213.

Sugimura, K., Taira, H., Hoshino, N., Ebisawa, H. and Nagahara, T. 1954. The amino-acid content of fish-muscle protein. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 20:520-524.

Suzuki, T. 1981. Fish and Krill Protein Processing Technology. London: Applied Science Pub.

Synowieck, J. and Sikorski, Z.E. 1988. Heat induced changes in thiol groups in squid proteins. J. Food Biochem. 12:127-135.

Takahashi, T. 1965. Squid meat and its processing. In Fish as Food (ed G. Borgstrom) vol.4, pp.339-354. New York: Academic Press.

Takeuchi, T. and Watanabe, T. 1978. Growth-enhancing effect of cuttlefish liver oil and short-necked clam oil on rainbow trout and their effective components. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 44(7):733-738.

Tanikawa, E. 1971. Marine products in Japan: size, technology and research. Tokyo:Koseisha-Koseikaku, Co. Ltd.

Walker, J. F. 1964. Formaldehyde. New York:Reinhold. cited by: Nitisewojo, P. 1987. Effect of frozen storage on the texture of squid (Loligo sp.) mantle.ASEAN Food J. (2):72-73.

Ward, D.V. and Wainwright, S.A. 1972. Locomotory aspects of squid mantle structure. J. Zool. 137. 437-449. cited by: Gosline, J.M. and Shadwick, R.E. 1983. The mollusca. vol.1. Metabolic Biochemistry and Molecular Biomechanics. NewYork: Academic Press, Inc.

Watts, B.M. and Elias, L.G. 1989. Basic Sensory Methods for Food Evaluation. Ottawa:International Development Reseach Centre.

Yamprayoon, J., Virulhakul, P. and Pantura, S. 1991. Effects of type and the quality of flours used on the quality of frozen fishballs. Proceedings of the Seminar on Advances in Fishery Post-harvest Technology in Southeast Asia Singapore, 6-11 May, 1991. Marine Fisheries Reseach Department. Singapore: SEAFDEC. pp. 176-186.

Yang, T.C.S. and Yang, A.P.P. 1986. Squid tentacle protein: Extraction and its effects on the quality of Atlantic pollock surimi gels. Can Inst. Food Sci. Technol. J. 19(4): 158-162.

Zaitsev, V., et al., 1969. Processing cephalopod: squids In fish curing and processing, by V. Zaitsev, et al. Transl. from the Russian by A. de Merindol. Moscow, NIR Publishers, pp. 612-616. . cited by Kreuzer, R. 1984. Cephalopods: Handling, Processing and Products. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก คุณลักษณะของแป้งมันชนิดเอสเทอริไฟด์ที่ใช้ในการทดลอง

ระดับของการแทนที่ (DS)	0.06..0.08 โมล/โมล
อนุมูลเดกโตรส (DE)	2.4..3.0 กรัม/100 กรัม

วิธีที่ใช้ทดสอบ

DS : แยกกลุ่มที่เข้าไปแทนที่ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่มากเกินพอ จากนั้นทำการวิเคราะห์โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากการทำปฏิกริยา คำนวณระดับของการเข้าแทนที่

DE : ไตเตรตตามวิธี Luff-Schoorl

AVEBE Standard : 01 94 41 - 014

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและจุลินทรีย์

ภาคผนวก ข1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีอบในตู้อบไฟฟ้า (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิ 105° ซ
2. ภาชนะหาความชื้น (จานอลูมิเนียม พร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 105° ซ เวลา 3 ชั่วโมง แล้วนำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยทิ้งไว้ จนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก
2. กระทำเช่นข้อ 1 ซ้ำ จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.
3. ชั่งตัวอย่างอาหารที่ต้องการหาความชื้นให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1-3 ก. ใส่ลงในภาชนะหาความชื้นซึ่งทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105° ซ นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่างนั้น จากนั้นนำกลับไปเข้าตู้อบอีกและกระทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{\text{100 x ผลต่างของน้ำหนักตัวอย่างก่อนอบและหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (A.O.A.C,1990)

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ชุดสกัดไขมัน (soxhlet apparatus) ประกอบด้วยขวดกลมสำหรับใส่ตัวทำละลาย ซอคเลต (soxhlet) เครื่องควบแน่น (condenser) และเตาให้ความร้อน (heating mantle)

2. หลอดใส่ตัวอย่าง (extraction thimble)

3. สำลี

4. ตู้อบไฟฟ้า

5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

6. โถดูดความชื้น

วิธีการ

1. อบขวดกลมสำหรับหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มล. ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก ประมาณ 1-2 ก. ห่อให้มิดชิดแล้วใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง คลุมด้วยสำลีเพื่อให้สารทำละลายมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

3. นำหลอดตัวอย่าง ใส่ลงในซอคเลต

4. เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียม อีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันปริมาณ 150 มล. แล้ววางบนเตาให้ความร้อน

5. ทำการสกัดไขมันเป็นเวลา 14 ชั่วโมง โดยปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที

6. เมื่อครบ 14 ชั่วโมง นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจากซอคเลต และกลั่นเก็บสารทำละลายจนเหลือสารละลายในขวดกลมเพียงเล็กน้อยด้วยเครื่องระเหยตัวทำละลาย

7. นำขวดหาไขมันนั้นไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80-90° ซ จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

8. ชั่งน้ำหนัก แล้วอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกัน ไม่เกิน 1-3 มก.

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักไขมันหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ใช้วิธีเจลดาล (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. ขวดย่อยโปรตีน (Kjeldahl flask) ขนาด 250-300 มล.
2. ชุดกลั่นโปรตีน (semi-microdistillation apparatus)
3. ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มล. (Volumetric flask)
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มล. (Erlenmeyer flask)
5. ปิเปต ขนาด 5 และ 10 มล. (Volumetric pipett)
6. บิวเรต ขนาด 25 มล. (Burett)
7. ลูกแก้ว
8. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. กรดซัลฟุริกเข้มข้น
2. สารเร่งปฏิกริยา ใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 1 ส่วนต่อโปแตสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 9 ส่วน
3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไธโอซัลเฟต เข้มข้นร้อยละ 60 ชั่งสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 60 ก. และโซเดียมไธโอซัลเฟต 5 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มล.
4. สารละลายกรดบอริกเข้มข้น ร้อยละ 4 ละลายกรดบอริก 40 ก. ด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.
5. สารละลายกรดเกลือ เข้มข้น 0.02 นอร์มัล
6. อินดิเคเตอร์ใช้ fashiro indicator เตรียมเป็น stock solution (ชั่งเมทธิลลีนบลู (methylene blue) 0.2 ก. ละลายในเอธานอล (ethanol) 200 มล. และชั่งเมทธิลเรด (methyl red) 0.05 ก. ละลายในเอทานอล 50 มล.) เวลาใช้นำมาผสมในอัตราส่วน stock solution 1 ส่วน : เอทธานอล 1 ส่วน : น้ำกลั่น 2 ส่วน

วิธีการ

1.ชั่งตัวอย่างอาหารบนกระดาษกรอง ให้ได้น้ำหนักแน่นอน ประมาณ 1-2 ก. ห่อให้มิดชิดใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน

2. เติมสารเร่งปฏิกริยา 5 ก. และกรดซัลฟุริกเข้มข้น 20 มล.

3. ใส่ลูกแก้ว 2 เม็ด นำไปย่อยบนเตาไฟในตู้ควันจนกระทั่งได้สารละลายใสปล่อยทิ้งให้เย็น

4. เติมน้ำกลั่นร้อนลงไปล้างบริเวณคอขวดให้ทั่ว และให้ความร้อนต่อไปจนเกิดควันของกรดซัลฟุริก ปล่อยทิ้งให้เย็น

5. นำมาถ่ายลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มล. ใช้น้ำกลั่นล้างขวดย่อยโปรตีน ให้หมดสารละลายตัวอย่าง แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มล.

6. จัดอุปกรณ์กลั่น

7. นำขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 5 มล. ผสมน้ำกลั่น 5 มล. และเติมอินดิเคเตอร์เรียบร้อยแล้วไปรองรับของเหลวที่จะกลั่น โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

8.ดูดสารละลายตัวอย่างด้วยปิเปตขนาดความจุ 10 มล. ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่าง แล้วเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 20 มล.

9. กลั่นประมาณ 10 นาที ล้างปลายอุปกรณ์ควบแน่นด้วยน้ำกลั่นลงในขวดรองรับ

10. ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดเกลือ ที่มีความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จะได้จุดยุติเป็นสีม่วง

11. ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2-10

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times \text{Factor}}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็น มล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็น มล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็น ก.

Factor = ตัวเลขที่เหมาะสม 6.25

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

1.4 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C.,1990)

อุปกรณ์

1. เตาเผา (muffle furnace)
2. ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด

วิธีการ

1. เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600^{0} ซ เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2. เผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาที และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มก.

3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอนแล้ว นำไปเผาในตู้ควันจนหมดควัน แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600^{0} ซ และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 1-2

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)} = 100 \times \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

1.5 การวัดความเป็นกรด-ด่าง (Pearson,1976)

อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter รุ่น PHM 61a
2. เครื่อง magnetic stirrer,magnetic bar
3. บิกเกอร์ขนาด 50 มล.
4. กระบอกตวง ขนาด 50 มล.

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร น้ำหนักประมาณ 10 ก. ใส่ในบิกเกอร์ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 10 มล. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง magnetic stirrer
2. วัดความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง pH meter

1.6 การหาค่าความหืน ใช้วิธีการหา TBA No. (Egan, [illegible])

อุปกรณ์

1. ชุดกลั่น
2. ลูกแก้ว
3. เตาไฟฟ้า
4. ปิเปต
5. หลอดทดสอบชนิดมีจุก
6. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

สารเคมี

1. สารละลายกรดเกลือ 4 นอร์มัล
2. สารป้องกันการเกิดฟอง (antifoam liquid)
3. สารละลายกรดไธโอบาบิทูริก ละลาย 0.2883 ก. ของกรดไธโอบาบิทูริกลงในกรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 90

วิธีการ

1. แช่ตัวอย่างอาหาร 10 ก. ด้วยน้ำกลั่น 50 มล. เป็นเวลา 2 นาที แล้วถ่ายลงในขวดน้ำกลั่นใช้น้ำ 47.5 มล. ล้างภาชนะที่ใส่ตัวอย่างแล้วเทลงขวด

2. เติม 2.5 มล. ของสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 4 นอร์มัล (pH ควรจะเป็น 1.5) แล้วเติมลูกแก้วและสารป้องกันการเกิดฟอง

3. กลั่นให้ได้ของเหลว 50 มล. ภายใน 10 นาที

4. ดูดสารที่กลั่นได้ 5 มล. ลงในหลอดทดสอบที่จุกปิด

5. เติม 5 มล. ของสารละลายไธโอบาบิทูริก เขย่าและให้ความร้อนด้วยน้ำเดือดเป็นเวลา 35 นาที

6. ทำ blank โดยใช้วิธีเดียวกัน ใช้ 5 มล. ของน้ำกลั่นให้ความร้อน 35 นาที

7. นำตัวอย่างและ blank ที่เย็นแล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

การคำนวณ

ค่าความหืน (มก.มาโลอัลดีไฮด์/กก.ตัวอย่าง) = 7.8 x ค่าดูดกลืนแสงของตัวอย่างที่หัก blank แล้ว

1.7 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในรูปด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด ใช้วิธีคอนเวย์ (Hasegawa,1987)

อุปกรณ์

1. จานระเหยแบบคอนเวย์ (conwey unit)

2. ไมโครบิวเรต (micro burett) ขนาด 10 มล.

3. ปิเปต ขนาด 1, 10 มล.

4. ถ้วยบด

5. กระดาษกรอง

สารเคมี

1. วาสลีน (vasaline)

2.อินดิเคเตอร์ใช้Tashiroอินดิเคเตอร์ วิธีการเตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

3. สารละลายของวงแหวนชั้นใน (Inner ring) ละลาย 10 ก. ของกรดบอริกในเอทธานอล ปริมาตร 200 มล. เติมอินดิเคเตอร์ 10 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1,000 มล.

4. สารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต ละลายโปตัสเซียมคาร์บอเนต 60 ก. ในน้ำกลั่นปริมาตร 50 มล. นำไปต้มให้เดือดประมาณ 10 นาที ทำให้เย็นแล้วกรองผ่าน กระดาษกรอง

5. สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) เข้มข้นร้อยละ 4 ชั่งกรดไตรคลอโรอะซิติก 40 ก. ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มล.

6. สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

วิธีการ

1. สกัดตัวอย่างอาหาร นำตัวอย่างอาหารทราบน้ำหนักแน่นอนประมาณ 2 ก. ใส่ในถ้วยบด เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 10 มล. บดให้ละเอียดปล่อยทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรอง No.41 สารละลายที่ได้หากไม่สามารถวิเคราะห์ได้ทันที นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20° ซ

2. วิเคราะห์

2.1 ทาวาสลีนที่ขอบจานคอนเวย์

2.2 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายของวงแหวนชั้นใน (Inner ring) ใส่ในขอบจานชั้นใน

2.3 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายอิ่มตัวโปแตสเซียม์คาร์บอเนต ใส่ในขอบจานชั้นนอก

2.4 ปิเปต 1 มล. ของสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ ลงในขอบจานชั้นนอกอีกด้านหนึ่ง ระวังไม่ให้ผสมกับสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนต

2.5 ปิดจานคอนเวย์ ให้สารละลายตัวอย่าง และสารละลายอิ่มตัวของโปตัสเซียมคาร์บอเนตผสมกัน ตั้งไว้ที่อุณหภูมิ 37° ซ เวลา 1 ชั่วโมง

2.6 ไตเตรตสารละลายชั้นในด้วยสารละลายกรดเกลือความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล จนกระทั่งได้จุดยุติสีม่วง

2.7 ทำ blank ด้วยวิธีการเดียวกันแต่ใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 1 มล. แทนสารละลายตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (มก.ไนโตรเจน/100 ก.ตัวอย่าง)} = \frac{(a-b) \times N \times 14 \times V \times 100}{W}$$

โดยที่ a = ปริมาตรของสารละลายกรดเกลือที่ใช้เป็นมล.

b = ปริมาณของสารละลายกรดเกลือที่ใช้กับ blank เป็นมล.

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือเป็น นอร์มัล

V = ปริมาตรรวมของตัวอย่างและกรดไตรคลอโรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง เป็น มล.

W = น้ำหนักของตัวอย่างเป็น ก.

(น้ำหนักกรัมสมมูลย์ของไนโตรเจน = 14.007)

ภาคผนวก ข2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางจุลินทรีย์

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Viable Count) โดยวิธี pour plate (Hasegawa, 1987)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Plate count agar (PCA)
2. 0.85 normal saline solution

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 ก. ลงในถ้วยตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

1.2 เติม 0.85% normal saline solution จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

1.3 ทำการเจือจางให้เป็น 1:100, 1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับโดยใช้ 0.85% normal saline solution

2. การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 อย่างละ 1 มล. (ทำ 2 ซ้ำ) ลงในจานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้ว

2.2 เททับด้วยอาหาร PCA (Plate count agar) ประมาณ 15 มล.

2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ แล้วตั้งทิ้งให้วุ้นแข็งตัวประมาณ 15 นาที

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ ในลักษณะคว่ำจานเพาะเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.5 ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มีจำนวนประมาณ 30-300 โคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง (CFU/g)

CFU/g = Average no. of colonies x dilution factor

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณรา โดยวิธี spread plate (Hasegawa,1987;Speck,1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Potato dextrose agar (PDA)

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 10 ก. ลงในถ้วยบดตัวอย่างที่ปลอดเชื้อ

2. เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที นำไปตั้งทิ้งในตู้เย็น 30 นาที

3.ทำการเจือจางอาหารด้วยสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มล. ให้มีระดับความเจือจางเป็น 1:100, 1:1000 และ 1:10000 ตามลำดับ

4. ปิเปตตัวอย่างอาหารจากระดับความเจือจาง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร PDA (Potato dextrose agar) จานละ 0.1 มล. ใช้แท่งแก้วงอที่ฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยจนผิวหน้าของอาหารแห้ง

5. บ่มที่อุณหภูมิห้อง (30+2^{o} ซ) เวลา 72 ชั่วโมง

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณ Coliforms และ *Escherichia coli* (Hasegawa, 1987; Speck,1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lauryl sulphate tryptose broth (LST)

2. EC medium

3. Levine's Eosin Methylene Blue Agar (EMB)

4. Lactose broth

วิธีการ

1. Presumptive test

ใช้ตัวอย่างที่เตรียมเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3) โดยใช้ปิเปตที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วดูดตัวอย่างละ 1 มล. ใส่ในหลอดทดสอบที่มี Lauryl sulphate tryptose broth (LST) พร้อม Durham tube ทำตัวอย่างละ 3 ความเจือจาง (1:10, 1:100 และ 1:1000) ความเจือจางละ 3 หลอด อบเพาะเชื้อที่ 35-37^{o} ซ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลหลอดทดสอบที่เกิดแก๊สใน Durham tube

2. Confirmed test

เลือกหลอดที่เกิดแก๊สมาทำ Confirmed test โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้วจุ่มลงใน 35° ซ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตรวจผลการวิเคราะห์หลอดที่เกิดแก๊ส อ่านผลเป็น coliforms ในรูป Most Probable Number (MPN) จากตารางภาคผนวก ก1

3. Complete test

เลือกหลอด EC ที่เกิดแก๊ส เขี่ยลงบนจานอาร หา Levine's Eosin Methylene Blue (EMB) agar บ่มที่ $35\pm0.5^{\circ}$ ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจผลโคโลนีที่มีสีเขียวเหลือบมันที่มีสีเข้มตรงกลาง (Metallic sheen) โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อแยกเอาโคโลนีที่มีสีเขียวเหลือบมันในแต่ละจานเพาะเชื้อ ใส่ลงในหลอด Lactose broth ที่มี Durham tube บ่มที่ $35\pm0.5^{\circ}$ ซ เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจผลการทดลองโดยสังเกตแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด Lactose broth นำเชื้อไปทดสอบการสร้างอินโดล MR VP และการใช้ citrate ซึ่งถ้าเป็น *E. coli* จะให้ผลเป็น + + - - ตามลำดับ

2.4 การวิเคราะห์ *Salmonella* spp. (Hasegawa, 1987; Speck,1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Lactose Broth
2. Selenite Cysteine Broth (SCB)
3. Tetrathionate Brilliant Green Broth (TBGB)
4. Brilliant Green Agar (BGA)
5. Brilliant Sulfite Agar (BSA)
6. Triple Sugar Iron Agar (TSI)
7. Lysine Iron Agar (LIA)

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง (Pre-enrichment)
    1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในถ้วยบดตัวอย่างปลอดเชื้อ
    1.2 เติม Lactose broth จำนวน 90 มล. แล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 1 นาที
    1.3 อบเพาะเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. Selective enrichment

2.1 ผสม pre-enrichment culture ให้เข้ากัน แล้วดูดมา 1 มล. เติมลงใน TBGB 10 มล. และ SCB 10 มล. อย่างละหลอด

2.2 อบเพาะเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 43±0.5° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. การเพาะเชื้อใน selective agar

3.1 นำตัวอย่างจาก selective enrichment medium (2.2) มาเพาะลงบน BGA และ BSA plates

3.2 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.3 ตรวจผลลักษณะโคโลนีที่เกิดขึ้นดังนี้

- อาหาร BGA : โคโลนีของ *Salmonella* คือไม่มีสี ใสหรือทึบ หรือมีสีชมพูแดง ในขณะที่อาหารมีสีชมพูหรือแดง
- อาหาร BGA : โคโลนีของ *Salmonella* จะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำบางครั้งอาจมีโคโลนีสะท้อนแสง อาหารรอบๆ โคโลนีมีสีน้ำตาล

4. การจำแนกและการทดสอบทางชีวเคมี

4.1 เลือกเฉพาะโคโลนีที่คาดว่าเป็น *Salmonella* จากอาหาร BGA และ BSA ถ่ายลงใน TSI และ LIA โดย streaking the slant และ stabbing the butt.

4.2 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4.3 ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร TSI จะพบสีแดงที่ slant (สภาพเป็นด่าง) และพบสีเหลืองที่ butt (สภาพเป็นกรด) อาจจะมีการสร้าง H_2S ด้วยหรือไม่ก็ได้ (สังเกตสีดำของ butt) ลักษณะเฉพาะของ *Salmonella* บนอาหาร LIA จะพบเชื้อสามารถเจริญได้ทั้งบริเวณผิวและตามรอยที่แทงลูป อาหารจะมีสีม่วงทั่วหลอด ถ้ามีการสร้าง H_2S จะเห็นเป็นสีดำ

2.5 การวิเคราะห์ *Staphylococcus aureus* (Hasegawa, 1987; Speck,1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Baird Parker Medium (BP)
2. Brain Heart Infusion broth (BHI)
3. Rabbit plasma

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ 1.1-1.3)

2. การตรวจหา *Staphylococcus aureus* (Spread plate method)

2.1 ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.3 จากระดับความเจือจางที่เหมาะสมจำนวน 0.1 มล. ลงบน BP agar plate จำนวน 2 ซ้ำ

2.2 ใช้แท่งแก้วปราศจากเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้กระจายทั่วจาน

2.3 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ ปีนเวลา 48 ชั่วโมง

2.4 ตรวจสอบลักษณะโคโลนี เมื่อครบ 30 ชั่วโมง เลือกนับโคโลนีที่มีสีดำขอบขาวและแวว ใสรอบโคโลนีมีบริเวณใส (clear zone) เลือกจานที่มีเชื้อเจริญ 30-300 โคโลนี

2.5 ทำเครื่องหมายตำแหน่งของโคโลนีที่มีลักษณะดังกล่าว แล้วนำจานอาหารไปบ่มต่ออีก 18 ชั่วโมง ให้นับโคโลนีที่มีสีดำแววที่มีหรือไม่มีขอบขาวและไม่มีบริเวณใสด้วย

2.6 ถ่ายโคโลนีที่คาดว่าเป็น *S. aureus* ลงใน BHI แล้วอบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.7 ดูดตัวอย่างจาก 2.6 จำนวน 0.1 มล. ลงในหลอดทดสอบแล้วเติม rabbit plasma จำนวน 0.3 มล. (ใช้ sterile tube)

2.8 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ แล้วตรวจผลการแข็งตัวของพลาสมาหลังจาก 4 ชั่วโมง ถ้าพลาสมายังไม่แข็งตัว ให้เก็บหลอดไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วตรวจผลอีกครั้ง เมื่อครบ 2 ชั่วโมง

2.6 การวิเคราะห์ *Vibrio parahaemolyticus* (Hasegawa,1987; Speck,1984)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Glucose-salt-teepol broth (GSTB)
2. Thiosulphate citrate bile salts sucrose agar (TCBS)
3. Triple sugar iron agar (TSI)
4. Peptone water
5. SIM medium
6. Nutrient gelatin
7. Decarboxylase medium base

8. Phosphate buffer

9. Mannitol salt agar

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

ทำเช่นเดียวกันกับการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ข้อ1.1-1.3) แต่ใช้ 3% saline solution เป็นสารเจือจาง

2. การตรวจหา *V. parahaemolyticus*

2.1 ดูดตัวอย่างจากความเข้มข้นสูงสุด (1:10) จำนวน 1 มล. ใส่ลงใน 9 มล. double strength GSTB จำนวน 3 หลอด และสำหรับความเข้มข้นรองลงมา (1:100,1:1000) ให้ดูดมาจำนวน 1 มล. ใส่ลงใน 9 มล. single strength GSTB อย่างละ 3 หลอด

2.2 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตรวจและรายงานผล MPN จากตารางภาคผนวก ก1

2.3 ถ่ายตัวอย่างจาก GSTB จำนวน 1 loopful ลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร TCBS (เลือกหลอดที่มีความขุ่น)

2.4 อบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.5 ทำการตรวจโคโลนีที่มีสีน้ำเงินเขียวและสีดำตรงกลาง

2.6 ทำการแยกโคโลนีที่คาดว่าเป็น *V. parahaemolyticus* โดยเกลี่ยลงบนอาหารต่อไปนี้ และอบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชม.

TSI agar	/Acid (no gas, no H_2S)
Indole (SIM)	+
tility (SIM)	+
lysine HCl	+

2.7 ถ่ายเชื้อจาก TSI ลงใน peptone water (ที่มีร้อยละ 3, 8 และ 10 ของโซเดียมคลอไรด์) และอบเพาะเชื้อที่ 35° ซ เป็นเวลา 24 ชม.

2.8 ทำการทดสอบทางชีวเคมีเพื่อยืนยันผล

Nutrient gelation	+
Mannitol	+

2.9 คำนวณค่า MPN ของ *V. parahaemolyticus* จากจำนวนหลอด GSTB ที่ให้ผลบวกและได้รับการยืนยันว่าเป็น *V. parahaemolyticus*

$$\text{Most Probable Number (MPN)} = \frac{\text{index}}{10} \times (90 + W) \times \frac{1}{W}$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นกรัม

ภาคผนวก ค แบบทดสอบชิมผลิตภัณฑ์และแบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ค1 แบบทดสอบชิมเพื่อหาเค้าโครงผลิตภัณฑ์ในอุดมคติ

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย ตัวอย่างที่ท่านได้รับคือลูกชิ้นปลาหมึก มีส่วนประกอบของปลาหมึก แป้ง และเครื่องปรุงรส ซึ่งมีลักษณะปรากฏที่หยาบคล้ายลูกชิ้นเอ็น

คำแนะนำ กรุณาชิมผลิตภัณฑ์แล้วขีดเส้นตั้งฉากลงบนเส้นของแต่ละปัจจัย ณ จุดที่ตรงกับความรู้สึกของท่ามากที่สุด และกำกับอักษรโดยที่

S (Sample) คือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ประเมินได้

I (Ideal) คือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ต้องการ

กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่าง.

1. ลักษณะภายปรากฏ ผิวภายนอก _____

เรียบ ขรุขระ

ลักษณะภายใน_____

หยาบ ละเอียด

2. เนื้อสัมผัส ความเหนียว _____

น้อย มาก

ความยืดหยุ่น _____

น้อย มาก

3. กลิ่น กลิ่นคาว _____

น้อย มาก

4. รสชาติ รสหวาน _____

น้อย มาก

รสเค็ม _____

น้อย มาก

5. ความชอบรวม _____

น้อย มาก

ข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ค2 แบบทดสอบชิมเรียงลำดับความชอบ (Ranking)

ชื่อผู้ทดสอบ.....วันที่.....เวลา.....

คำอธิบาย กรุณาชิมผลิตภัณฑ์จากซ้ายไปขวาและเรียงลำดับความชอบของผลิตภัณฑ์ในด้านลักษณะเนื้อสัมผัสเช่นลักษณะภายใน ความเหนียว ความยืดหยุ่นและการเกาะตัว โดยกำหนดให้

1 = ชอบมากที่สุด

2 = ชอบมาก

3 = ชอบปานกลาง

4 = ชอบน้อย

5 = ชอบน้อยที่สุด

คำแนะนำ กรุณาบ้วนปากก่อนและหลังชิมตัวอย่างทุกครั้ง

รหัสตัวอย่าง	ลำดับความชอบ
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

เสนอแนะ.....

.....

.....

ขอบคุณ

ภาคผนวก ค3 แบบสอบถามการสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกของผู้บริโภค

แบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยของน.ส.ดวงรัตน์ นาคสด นักศึกษา ปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีอาหาร เพื่อสำรวจการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก ข้อมูลที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมตรงกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อที่จะสามารถนำไปสู่ระบบอุตสาหกรรมในอนาคต โดยข้อมูลเหล่านี้จะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่านทั้งสิ้น ขอขอบพระคุณที่ท่านได้ให้ความร่วมมือมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คำอธิบาย : ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก มีส่วนประกอบหลัก คือ เนื้อปลาหมึกสด เนื้อปลาบด แป้งและเครื่องปรุงรส

คำแนะนำ : กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงในวงเล็บ ( ) หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมที่สุด หรือกรอกข้อความลงในช่องว่าง

ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภค

1. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉยๆ ( ) ไม่ชอบเพราะ.....

2. ความถี่ในการรับประทานลูกชิ้นของท่านต่อสัปดาห์

( ) น้อยกว่า 2 ครั้ง ( ) 2-4 ครั้ง

( ) 5-6 ครั้ง ( ) มากกว่า 6 ครั้ง

3. รูปแบบการปรุงผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นที่ท่านนิยมบริโภค (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ผัด ( ) ทอด ( ) ปิ้ง

( ) รับประทานร่วมกับก๋วยเตี๋ยว ( ) ปรุงเป็นแกงจืด

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

4. ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นชนิดใดที่ท่านนิยมรับประทาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

( ) ลูกชิ้นเนื้อ ( ) ลูกชิ้นเอ็น ( ) ลูกชิ้นหมู

( ) ลูกชิ้นไก่ ( ) ลูกชิ้นปลา ( ) ลูกชิ้นปลา

( ) ลูกชิ้นปู ( ) ลูกชิ้นปลาหมึก

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. กรุณาเรียงลำดับความสำคัญของเหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น โดย

1 = สำคัญที่สุดและ 7 สำคัญน้อยที่สุด

( ) ราคา ( ) คุณค่าทางอาหาร

( ) ความสะดวกในการซื้อมาบริโภค ( ) ลักษณะปรากฏ เช่น สี รูปทรง

( ) รสชาติ ( ) ภาชนะบรรจุ

( ) การโฆษณา

6. ท่านชอบรับประทานผลิตภัณฑ์จากปลาหมึกหรือไม่

( ) ชอบ ( ) เฉยๆ ( ) ไม่ชอบ เพราะ.....

7. ท่านเคยรับประทานลูกชิ้นปลาหมึกหรือไม่

( ) เคยรับประทาน ( ) ไม่เคยรับประทานเพราะ.....

กรุณาบอกคุณลักษณะลูกชิ้นปลาหมึกที่ดีในความรู้สึกของท่าน.....

.....

ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

8. กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้และขีดเครื่องหมาย' ในช่องที่ตรงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

ความชอบ / ปัจจัยคุณภาพ	ชอบมาก	ชอบ	เฉยๆ	ไม่ชอบ	ไม่ชอบมาก
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

9. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ชิมนี้เพียงใด โปรดระบุระดับการยอมรับ

ระดับการยอมรับ	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
กรุณาใส่เครื่องหมาย √					

10. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ชนิดนี้จำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่ซื้อ ( ) ไม่แน่ใจ เพราะ.....

11. น้ำหนักต่อภาชนะบรรจุ (250กรัม) เหมาะสมหรือไม่

( ) เหมาะสม ( ) ไม่เหมาะสม (กรุณาตอบข้อ 12)

12. ในกรณีที่ท่านเห็นว่าไม่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ควรบรรจุในปริมาณเท่าใด

( ) 300 กรัม ( ) 500 กรัม

( ) 1 กิโลกรัม ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

13. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึก จำนวน 250 กรัมต่อถุง (ประมาณ 25 ลูก) จำหน่ายในราคา 25 บาท ท่านจะซื้อหรือไม่

( ) ซื้อ ( ) ไม่ซื้อ ( ) ไม่แน่ใจเพราะ.....

ข้อมูลเกี่ยวกับผู้สอบถาม

14. เพศ

( ) ชาย ( ) หญิง

15. อายุ

( ) ต่ำกว่า 20 ปี ( ) 21-25 ปี

( ) 26-30 ปี ( ) 31-35 ปี

( ) 36-40 ปี ( ) มากกว่า 40 ปีขึ้นไป

16. การศึกษา

( ) ม.ต้น-ม.ปลาย ( ) ต่ำกว่าปริญญาตรี

( ) ปริญญาตรี ( ) สูงกว่าปริญญาตรี

( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

17. อาชีพ

( ) นักศึกษา ( ) ลูกจ้าง ( ) ข้าราชการ

( ) อาจารย์ ( ) นักธุรกิจ ( ) อื่นๆ โปรดระบุ.....

18. รายได้ต่อเดือนของท่าน

( ) ต่ำกว่า 2,000 บาท ( ) 2,000-5,000 บาท

( ) 5,001-8,000 บาท ( ) 8,001-12,000 บาท

( ) มากกว่า 12,000 บาทขึ้นไป

ภาคผนวก ง ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ภาคผนวก ง1 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกสัดส่วนผสมระหว่างเศษปลาหมึกต่อเนื้อปลาบดต่อแป้ง

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ลักษณะ	Block	19	62.44	3.18	5.08 **
ปรากฏภายใน	Treatment	2	3.18	1.59	2.54 ns
	Error	38	23.78	0.62	
	Total	59	87.41		
ความเหนียว	Block	19	54.92	2.89	4.13 **
	Treatment	2	0.97	0.49	<1
	Error	38	26.61	0.70	
	Total	59	82.50		
ความยืดหยุ่น	Block	19	43.93	2.31	3.67 **
	Treatment	2	0.45	0.22	<1
	Error	38	23.96	0.63	
	Total	59	68.34		
การเกาะตัว	Block	19	56.94	3.00	3.82 **
	Treatment	2	0.38	0.19	<1
	Error	38	29.84	0.78	
	Total	59	87.16		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางภาคผนวก ง2 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของลูกชิ้นปลาหมึกที่คัดเลือกเครื่องปรุงรส

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F	
กลิ่นคาว	Block	7	0.78	0.11	3.37	*
	Treatment	3	1.09	0.36	11.09	**
	Error	21	0.69	0.03		
	Total	31	2.56			
กลิ่น(รส)	Block	7	0.51	0.07	4.27	**
พริกไทย	Treatment	3	1.31	0.44	25.64	**
	Error	21	0.36	0.02		
	Total	31	2.18			
ความชอบรวม	Block	7	0.32	0.05	3.48	*
	Treatment	3	0.60	0.20	14.94	**
	Error	21	0.28	0.01		
	Total	31	1.20			

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวก ง3 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกที่ใช้วิธีการแช่เยือกแข็งต่างกัน

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ลักษณะปรากฏ	Block	9	31.53	3.50	11.90 **
	Treatment	2	0.02	0.01	<1
	Error	18	5.30	0.29	
	Total	29	36.85		
ความยืดหยุ่น	Block	9	49.86	5.54	4.16 **
	Treatment	2	5.10	2.55	1.92 ns
	Error	18	23.94	1.33	
	Total	29	78.90		
ความเหนียว	Block	9	69.46	7.72	7.11 **
	Treatment	2	6.56	3.28	3.03 ns
	Error	18	19.53	1.08	
	Total	29	95.55		
ความฉ่ำ	Block	9	39.06	4.34	2.33 **
	Treatment	2	0.01	0.004	<1
	Error	18	33.53	1.86	
	Total	29	72.60		
รสชาติ	Block	9	79.68	8.85	28.82 **
	Treatment	2	0.06	0.03	<1
	Error	18	5.53	0.31	
	Total	29	85.27		
ความชอบรวม	Block	9	54.93	6.10	6.16 **
	Treatment	2	0.01	0.01	<1
	Error	18	17.83	0.99	
	Total	29	72.77		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางภาคผนวก ง4 ค่าความแปรปรวนของคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F	
ความชื้น	Treatment	13	37.25	2.87	59.45	**
	Product (p)	1	6.15	6.15	127.62	**
	Time (t)	6	25.22	4.20	87.19	**
	p x t	6	5.89	0.98	20.35	**
	Error	42	2.02	0.05		
	Total	55	39.28			
โปรตีน	Treatment	3	1.96	0.65	<1	
	Product (p)	1	0.85	0.85	<1	
	Time (t)	1	0.54	0.54	<1	
	p x t	1	0.58	0.58	<1	
	Error	12	48.30	4.02		
	Total	15	50.27			
ไขมัน	Treatment	3	0.06	0.02	<1	
	Product (p)	1	0.01	0.01	<1	
	Time (t)	1	0.00	0.00	<1	
	p x t	1	0.05	0.05	2.23	ns
	Error	12	0.27	0.02		
	Total	15	0.34			
เถ้า	Treatment	3	0.06	0.02	<1	
	Product (p)	1	0.06	0.06	1.63	ns
	Time (t)	1	0.00	0.00	<1	
	p x t	1	0.00	0.00	<1	
	Error	12	0.46	0.04		
	Total	15	0.52			

ตารางภาคผนวก ง4 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ปริมาณ	Treatment	13	0.52	0.04	<1
ไนโตรเจนที่	Product (p)	1	0.03	0.03	<1
ระเหยได้ใน	Time (t)	6	0.39	0.06	1.46 ns
รูปด่าง	p x t	6	0.10	0.16	<1
	Error	42	1.89	0.04	
	Total	55	2.41		
ปริมาณของเหลว	Treatment	13	0.00	0.00	8.09 **
ที่สูญเสีย	Product (p)	1	0.00	0.00	16.55 **
	Time (t)	6	0.00	0.00	14.17 **
	p x t	6	0.00	0.00	<1
	Error	42	0.00	0.00	
	Total	55	0.01		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวก ง5 ค่าความแปรปรวนทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง ระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
จุลินทรีย์	Treatment	13	25.99	1.20	9.08 **
ทั้งหมด	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	6	25.56	4.26	19.34 **
	p x t	6	0.43	0.07	<1
	Error	42	9.25	0.22	
	Total	55	35.24		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ผนวก ง6 ค่าความแปรปรวนของคะแนนการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ -20^0 ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ลักษณะปรากฏ	Block	9	3.29	0.36	1.88 ns
	Treatment	13	1.33	0.10	<1
	Product (p)	1	0.07	0.07	<1
	Time (t)	6	1.18	0.20	1.01 ns
	p x t	6	0.09	0.01	<1
	Error	117	22.79	0.19	
	Total	139	27.41		
สี	Block	9	2.46	0.27	2.88 **
	Treatment	13	1.88	0.14	1.52 ns
	Product (p)	1	0.05	0.05	<1
	Time (t)	6	1.81	0.30	3.17 **
	p x t	6	0.02	0.00	<1
	Error	117	11.12	0.10	
	Total	139	15.46		
ความยืดหยุ่น	Block	9	0.73	0.08	1.64 ns
	Treatment	13	0.66	0.05	1.03 ns
	Product (p)	1	0.17	0.17	3.51 ns
	Time (t)	6	0.46	0.08	1.53 ns
	p x t	6	0.03	0.01	<1
	Error	117	5.81	0.05	
	Total	139	7.20		

ผนวก ง6 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
ความเหนียว	Block	9	1.21	0.13	1.87 ns
	Treatment	13	0.35	0.03	<1
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	6	0.34	0.00	<1
	p x t	6	0.01	0.07	<1
	Error	117	8.43		
	Total	139	9.99		
ความฉ่ำ	Block	9	0.95	0.11	1.55 ns
	Treatment	13	0.49	0.04	<1
	Product (p)	1	0.00	0.00	<1
	Time (t)	6	0.47	0.08	1.15 ns
	p x t	6	0.01	0.00	<1
	Error	117	8.01	0.07	
	Total	139	9.46		
รสชาติ	Block	9	1.49	0.16	3.30
	Treatment	13	0.38	0.03	<1
	Product (p)	1	0.06	0.06	1.10 ns
	Time (t)	6	0.29	0.05	<1
	p x t	6	0.04	0.01	<1
	Error	117	5.88	0.05	
	Total	139	7.75		

ผนวก ง6 (ต่อ)

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
การยอมรับรวม	Block	9	0.53	0.06	2.38
	Treatment	13	0.18	0.01	<1
	Product (p)	1	0.02	0.02	<1
	Time (t)	6	0.15	0.03	1.02 ns
	p x t	6	0.01	0.00	<1
	Error	117	2.90	0.03	
	Total	139	3.61		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวก ง7 ค่าความแปรปรวนของค่าสีที่วัดได้จากเครื่อง Juki ของผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่ -20° ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์

คุณภาพ	SV	df	SS	MS	F
L	Treatment	13	105.71	8.13	4.64 **
	Product (p)	1	11.71	11.71	6.68 **
	Time (t)	6	83.78	13.96	7.96 *
	p x t	6	10.22	1.70	<1
	Error	42	73.67	1.75	
	Total	55	179.38		
a	Treatment	13	0.16	0.01	2.85 **
	Product (p)	1	0.10	0.10	22.60 **
	Time (t)	6	0.04	0.01	1.64 ns
	p x t	6	0.02	0.00	<1
	Error	42	0.18	0.00	
	Total	55	0.34		
b	Treatment	13	0.61	0.05	<1
	Product (p)	1	0.08	0.08	1.22 ns
	Time (t)	6	0.30	0.05	<1
	p x t	6	0.23	0.04	<1
	Error	42	2.86	0.07	
	Total	55	3.48		

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ภาคผนวก จ การประเมินต้นทุนวัตถุดิบผลิตภัณฑ์ลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

1. ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตลูกชิ้นปลาหมึกแช่เยือกแข็ง

ตารางภาคผนวก จ1 ราคาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์

วัตถุดิบ	บาทต่อกิโลกรัม
เศษปลาหมึก	30
เนื้อปลาบด	60
แป้ง	17
เกลือ	4
น้ำตาล	11
ผงชูรส	56
โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต	665
พริกไทย	170

2. การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบของผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ 16000 กรัม ประกอบด้วยเศษปลาหมึก 10318.40 กรัม เนื้อปลาบด 1820.80 กรัม แป้ง 3033.60 กรัม เกลือ 264 กรัม น้ำตาล 396.8 กรัม โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต 40 กรัม ผงชูรส 65.60 กรัม พริกไทย 60.80 กรัม

ต้นทุนส่วนประกอบทั้งหมด = (10318.40x0.03) + (1820.80x0.06) + (3033.60x0.017)
+ (264x0.004) + (396.8x0.011) + (40x0.04) + (65.60x0.056)
+ (60.80x0.17)
= 491.40 บาทต่อการผลิต 1 ครั้ง

ต้นทุนวัตถุดิบต่อขนาดบรรจุ 250 กรัม = 7.68 บาท

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวดวงรัตน์ นาคสด

วัน เดือน ปีเกิด 15 มกราคม 2511

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วาริชศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	พ.ศ. 2535