



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร

พัฒนาผลิตภัณฑ์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง

ผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดและแช่แข็ง

Effect of Tapioca Starch and Hydrocolloid on Quality of Fresh and Frozen Fish Sausages

นามผู้วิจัย นางสาวสรจรินทร์ ปราบปรีย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ทานตะวัน พิรัชย์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ่มชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสถิตี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดและแช่แข็ง

Effect of Tapioca Starch and Hydrocolloid on Quality of Fresh and Frozen Fish Sausages

โดย

นางสาวรสรินทร์ ปราบปรีย์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศจรินทร์ ปราบปรีย์ 2553: ผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของ
ไส้กรอกปลาสดและแช่แข็ง ปรินญาวิทยาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
เกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต, D.Agr. 86 หน้า

ในการศึกษานี้ ได้ศึกษาผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด คือ แขน
แทนกัม (Xan) แขนแทน/โลกัสบีน กัม (Xan/LBG) และไอโอด้า-คาร์ราจีแนน (i-cgn) ต่อคุณภาพและ
ความคงตัวของไส้กรอกปลาระหว่างการเก็บแบบแช่แข็ง ไส้กรอกปลาเตรียมจากเนื้อปลานวลจันทร์โดย
ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดในสูตร พบว่า เนื้อสัมผัสและคะแนนความชอบจากการทดสอบ
ทางด้านประสาทสัมผัสไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ได้ประเมินผลของแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพ
และความคงตัวในระหว่างการเก็บภายใต้สภาวะแช่แข็ง โดยเตรียมไส้กรอกปลาจากเนื้อปลานวลจันทร์
ที่มีแป้งมันสำปะหลังระดับต่างๆ (ร้อยละ 3.5, 7.0, 10.5 และ 14.0) ให้ความร้อน จากนั้นทำให้เย็นแล้ว
เก็บในตู้แช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) คุณภาพของไส้กรอกปลาก่อนการแช่แข็งและหลังจากแช่แข็งและ
ละลายจำนวน 3, 6 และ 9 จวรร พบว่าค่า water holding capacity ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ
แป้งมันสำปะหลังในสูตรเพิ่มขึ้น ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังสูงกว่าร้อยละ 7 ให้ค่า cooking
loss ที่ต่ำกว่า ($p<0.05$) ค่า shear force, hardness และ gumminess มีค่าสูงขึ้นเมื่อมีแป้งมันสำปะหลัง
เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้านความแน่นเนื้อและ
ความชอบโดยรวมของไส้กรอกปลาที่มีแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5-10.5 พบว่า ไม่มีความแตกต่าง
($p\geq 0.05$) ภายหลังจากการแช่แข็ง ค่า drip loss และ cooking loss เพิ่มขึ้นเมื่อวงจรการแช่แข็งและละลาย
เพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่วงจรแช่แข็งและละลายใดๆ ทั้งสองค่านี้ลดลงเมื่อมีปริมาณแป้งมันสำปะหลัง
เพิ่มขึ้น ส่วนค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาลังการแช่แข็ง พบว่า มีค่า
เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดย hardness ของไส้กรอกมีค่าเกือบคงที่หลังการแช่แข็ง
และละลายตั้งแต่วงจรที่ 3 ถึง 9 การเติม Xan, Xan/LBG (อัตราส่วน 1:1) และ i-cgn ความเข้มข้นร้อยละ
0.25 ในไส้กรอกปลา พบว่า สามารถใช้ในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยมีค่า drip loss ลดลง ไส้
กรอกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าไส้กรอกที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์หลัง
ผ่านการแช่แข็งและละลาย 9 จวรร ความคงตัวในการเก็บของไส้กรอกปลาแช่แข็งขึ้นกับชนิดของไฮโดร
คอลลอยด์เนื่องจากความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ในผลิตภัณฑ์ ผลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า
การเติมแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์สามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มคุณภาพและ
ปรับปรุงความคงตัวทางการละลายและแช่แข็งของไส้กรอกปลา

Rosjarin Prabpree 2010: Effect of Tapioca Starch and Hydrocolloid on Quality of Fresh and Frozen Fish Sausages. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Associate Professor Rungnaphar Pongsawatmanit, D.Agr. 86 pages.

In this study, the effect of tapioca starch (TS) and hydrocolloid on the quality of both fresh and frozen storage stability of fish sausage was investigated. Fish sausage was prepared from fish flesh of small scale mud carp (*Cirrhina microlepis*) containing TS and corn starch (CS). No significant difference in textural properties and sensory scores were found between sausages containing CS and TS ($p \geq 0.05$) used in the formulation. The effect of TS concentration (3.5, 7.0, 10.5 and 14.0%) on fish sausage quality was evaluated. The qualities of sausages were determined before frozen storage and after selected freeze-thawed cycles (3, 6 and 9). Water holding capacity of fresh prepared fish sausages increased with TS content in the formulations. Fish sausages containing TS higher than 7.0% exhibited lower cooking loss ($p < 0.05$). The shear force, hardness and gumminess of fish sausages increased with TS content ($p < 0.05$). Mean scores of firmness and overall liking from sensory evaluation of fish sausages containing TS up to 10.5% exhibited no significant difference ($p \geq 0.05$). After freezing, drip loss and cooking loss of sausages containing different TS content increased with increasing repeated freeze-thaw cycles but at a selected freeze-thaw cycle both values decreased with TS contents. Shear force and hardness of thawed sausages increased with TS contents. Hardness values of thawed sausages exhibited almost constant after freeze-thawing from 3 to 9 cycles. Addition of 0.25% xanthan gum (Xan), xanthan gum/locust bean gum (Xan/LBG) (mixing ratio = 1:1) and i-carrageenan (i-cgn) into fish sausage formulation enhanced frozen sausages quality with lower drip loss. Sausages with hydrocolloid addition exhibited higher overall liking scores than that of sausage without hydrocolloid after 9 cycles of freeze-thaw treatment. The storage stability of frozen sausages depends on the types of hydrocolloid application due to the structure-function relationship in the product. The results suggest that addition of TS and hydrocolloids could be used for enhancing the quality and improving freeze-thaw stability of fish sausage in industry.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.ทานตะวัน พิทักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ขอทวีวัฒนา ประธานการสอบวิทยานิพนธ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญดา เพ็ญโรจน์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณนิศากร รัตนชีวรและบริษัทผลิตภัณฑ์อาหารสุณี ที่กรุณาเอื้อเฟื้อวัตถุดิบในช่วงแรกของการศึกษาและข้อมูลปัญหาของบริษัทเพื่อทำการวิจัยครั้งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อน ๆ พี่และน้องทีมหาวิทยาลัย ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจและชี้แนะการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่และสมาชิกในครอบครัวทุกคน สำหรับความรัก ความห่วงใยและกำลังใจที่มีให้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

รสรินทร์ ปราบปรี

กันยายน 2553

สารบัญ

หน้า

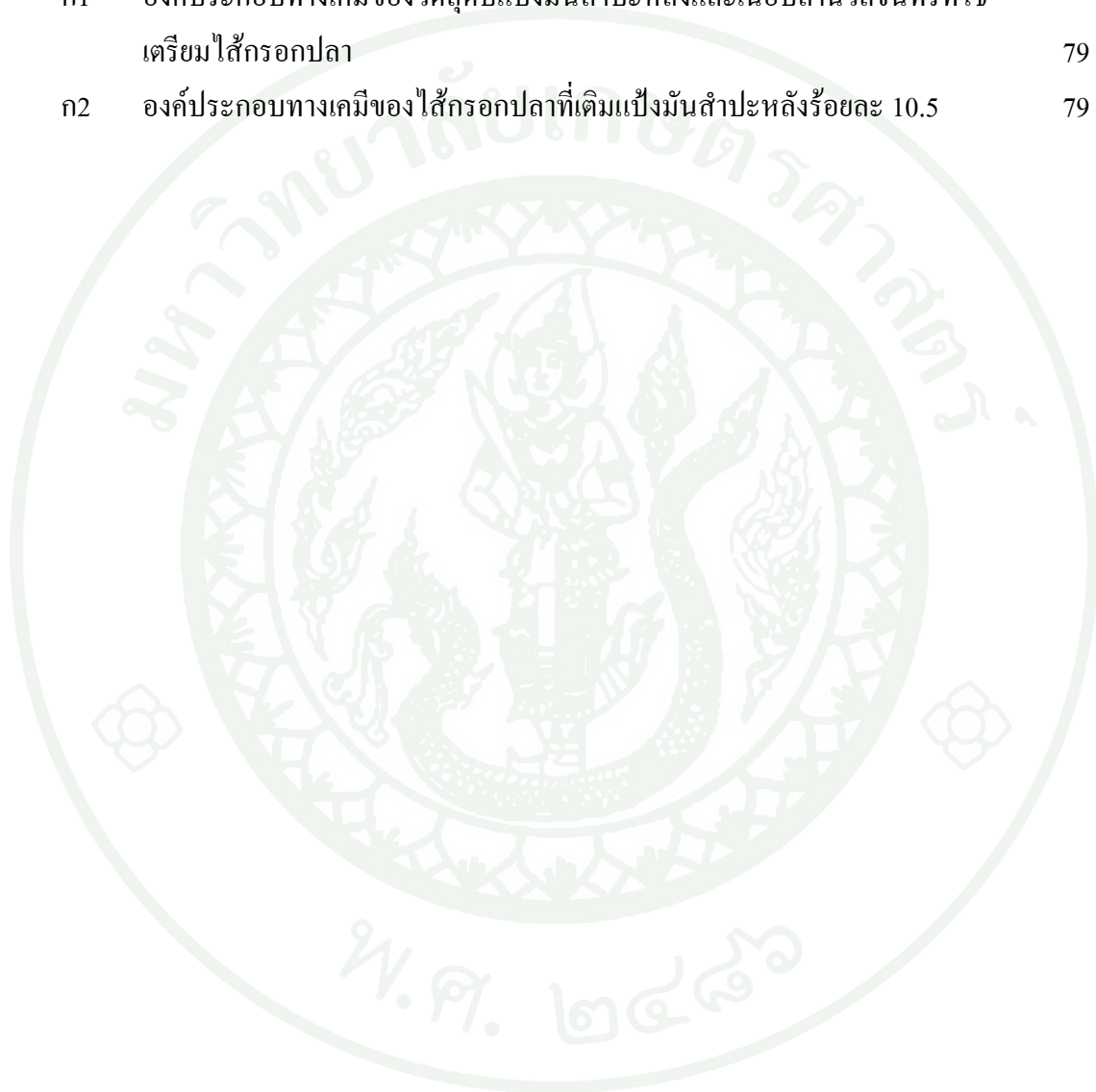
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	43
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	68
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบและไส้กรอกปลา	78
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	80
ภาคผนวก ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	84
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	86

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกปลา	9
2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพด	15
3 องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง	16
4 สมบัติของไอโอดีน-คาร์ราจีแนน	23
5 อุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มพองตัว (pasting temperature) เวลาในการเกิดความหนืด (peak time) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) และความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของเจลแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง	44
6 คุณภาพของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5	45
7 ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ	47
8 ค่า process yield, water holding capacity และ cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ	48
9 ค่า shear force และ TPA ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ	50
10 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ	51
11 ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25	55
12 ค่า water holding capacity, process yield และ cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25	56
13 ค่า shear force และ TPA ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25	57
14 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25	58
15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังการแช่แข็งและละลาย 9 วงจร	62

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ก1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแป้งมันสำปะหลังและเนื้อปลานวลจันทร์ที่ใช้เตรียมไส้กรอกปลา	79
ก2 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5	79



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างส่วนประกอบของอิมัลชัน	5
2 กลไกการเกิดเจล	7
3 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งข้าวโพด	15
4 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง	17
5 โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทนกัม	20
6 โครงสร้างโมเลกุลของคาร์ราจีแนนแต่ละชนิด	21
7 โครงสร้างโมเลกุลของโลคัสทีนกัม	24
8 ลักษณะการเกิดผลึกน้ำแข็ง	28
9 การตกผลึกใหม่แบบไมเกรทอรี	30
10 แผนภูมิการเตรียมไส้กรอกปลา	34
11 การวิเคราะห์ค่า shear force ของไส้กรอกปลา	37
12 การวิเคราะห์ค่า texture profile analysis ของไส้กรอกปลา	38
13 pasting properties ของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 จาก RVA	44
14 ค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	52
15 ค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	52
16 ค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	53
17 ค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	54
18 ค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	ค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	59
20	ค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	59
21	ค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	60
22	ค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	61
23	ค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร	61
24	การเปลี่ยนแปลงค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	63
25	การเปลี่ยนแปลงค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	63
26	การเปลี่ยนแปลงค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	64
27	การเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของไส้กรอกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	65
28	การเปลี่ยนแปลงค่า gumminess ของไส้กรอกที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	65
29	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์เข้มข้นร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน	66

ผลของแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาสดและ แช่แข็ง

Effect of Tapioca Starch and Hydrocolloid on Quality of Fresh and Frozen Fish Sausages

คำนำ

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช., 2546) นิยามว่าไส้กรอกปลา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่นำเนื้อปลาไปบดละเอียด ผสมกับเกลือ น้ำแข็ง ลิพิด (มันหมู มันปลา หรือน้ำมันพืช) และเครื่องปรุง (พริกไทย กระเทียม ลูกผักชี เป็นต้น) จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้บรรจุในไส้หมูหรือไส้ชนิดอื่นที่บริโภคได้ แล้วต้มให้สุก อาจรมควันหรือไม่ก็ได้

แป้งถูกเติมลงไปเป็นส่วนประกอบในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป เช่น ไส้กรอกอิมัลชัน ไส้กรอกโบลูญา ไส้กรอกเวียนนา ไส้กรอกแฟรงเฟิร์ต รวมถึงผลิตภัณฑ์ประเภทลูกชิ้น โดยแป้งช่วยในการดูดซับน้ำและทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มปริมาณ (fillers) ให้กับผลิตภัณฑ์ เมื่อระดับของแป้งเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า cooking loss และการสูญเสียน้ำหนักหลังการเก็บรักษาลดลง (Colmenero *et al.*, 1996) Dexter *et al.* (1993) พบว่าการเติมแป้งในขั้นตอนการบดผสมทำให้โบลูญาโถ่งวงมีค่า purge loss ระหว่างการเก็บรักษาลดลง แป้งมันสำปะหลังมีสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดี (Annor-Frempong *et al.*, 1996) ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชันมีความคงตัวต่อการแช่แข็งและการละลายที่ดี นอกจากนั้นแป้งมันสำปะหลังมีราคาถูกสามารถใช้ทดแทนเพื่อลดสัดส่วนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ได้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง (Skrede, 1989)

การแช่แข็งเป็นการถนอมอาหารโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และเสื่อมเสียลดลง เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงอย่างมาก รวมทั้งสามารถลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีอื่นๆ อันเนื่องมาจากเอนไซม์ออกซิเดชันและยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ นอกจากนี้ การเกิดผลึกน้ำแข็งภายในผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำอิสระที่จะทำปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียลดลง (รุ่งนภา, 2535) ผลิตภัณฑ์อาหารจึงสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการแช่แข็งอาหารและการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพของอาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ โดยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพเป็นผลมาจากการเติบโตของ

ผลึกน้ำแข็งในระหว่างกระบวนการแช่แข็ง นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษาจะเกิดการตกผลึกใหม่ (Recrystallization) ทำลายโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ลดลง สูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์มากขึ้นทำให้ลักษณะและเนื้อสัมผัสของอาหารไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ไฮโดรคอลลอยด์เป็นสารที่จับกับน้ำได้ดี มีสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ป้องกันการเติบโตของผลึกน้ำแข็งและลดการเคลื่อนที่ของน้ำในโมเลกุลของอาหาร ไฮโดรคอลลอยด์จะจับกับน้ำอิสระในอาหาร ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแช่แข็งถูกทำลายได้น้อยลงเนื่องจากการขยายตัวของผลึกน้ำแข็งถูกจำกัด ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวมากขึ้น คาร์ราจีแนนมีผลให้ค่า water holding capacity เพิ่มขึ้นและค่า cooking loss ของไส้กรอกลดลง (Hughes *et al.*, 1997; Ayadi *et al.*, 2009) ในขณะที่แซนแทนกัม/โกล์สปีนกัม ทำให้ค่า water holding capacity, process yield และ emulsion stability เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า cooking loss ของไส้กรอกไขมันต่ำลดลง (Luruena-Martinez *et al.*, 2004; Andres *et al.*, 2006) ดังนั้นการเติมแป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์เป็นส่วนประกอบในไส้กรอกปลาจึงน่าจะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในสภาพแช่แข็งได้ยาวนานขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลา
2. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาและไส้กรอกปลาแช่แข็ง
3. เพื่อศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาและไส้กรอกปลาแช่แข็ง



การตรวจเอกสาร

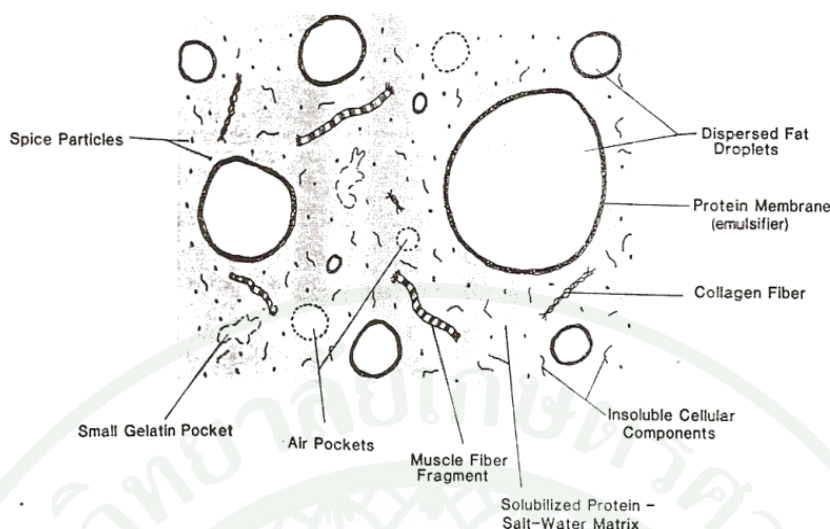
ไส้กรอกปลา เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อปลาสดบดผสมกับเกลือแล้วปรุงรสด้วยเครื่องเทศ และเครื่องปรุงต่างๆ แล้วนำไปบรรจุใส่ จากนั้นนำไปผ่านขั้นตอนการให้ความร้อน เนื้อปลาที่ใช้ ในการผลิตไส้กรอกสามารถใช้ได้ทั้งปลาน้ำเค็ม เช่น ปลาทูน่า ปลาทรายแดง เป็นต้น และปลาน้ำจืด เช่น ปลากระยาห์ ปลานวลจันทร์ ปลาดุก เป็นต้น แต่ไม่ควรใช้เนื้อปลาที่กล้ามเนื้อสีดำ (dark muscle fish) เช่น ปลาแมคเคอเรลและปลาทูน่า เนื่องจากหลังกระบวนการผลิตกล้ามเนื้อสีดำจะทำให้เกิดจุดสีดำในผลิตภัณฑ์ (Rahman et al., 2007) ส่วนไส้ที่ใช้อาจเป็นไส้แพะ ไส้แกะ ไส้หมู หรือไส้วัว เป็นต้น โดยไส้ธรรมชาติมีข้อดีคือ เมื่อนำไปรมควันทำให้กลิ่นหอมแต่ป้องกันการสูญเสียความชื้นได้น้อย หรือไส้สังเคราะห์ที่ผลิตจากสาร คอลลาเจน หรือสารจากใยผ้า ยไส้สังเคราะห์สามารถเก็บความชื้นได้ดี แต่ไม่มีกลิ่นเมื่อนำไปรมควันเนื่องจากมันสามารถทนความร้อนเข้าไปได้ดีกว่า

1. ขั้นตอนการผลิตไส้กรอก

1.1 กระบวนการบดผสม

กระบวนการบดผสม เป็นขั้นตอนการลดขนาดของส่วนผสมเพื่อเพิ่มพื้นที่ในส่วนของการขึ้นเนื้อและทำให้เครื่องปรุต่างๆ เช่น เกลือ ฟอตเฟต และเครื่องเทศ เข้าทำปฏิกิริยากับเนื้อได้ดีขึ้น โดยทั่วไปขั้นตอนนี้จะควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 10-16 องศาเซลเซียส (Kramlich, 1960) ขั้นตอนการบดผสมทำให้เนื้อของไส้กรอกเหนียวมากพอที่จะเกิดแรงเหวี่ยงได้ ซึ่งคือไม่มีส่วนของเนื้อเยื่อเส้นใยเหลืออยู่

ในขั้นตอนการบดผสมโปรตีนถูกสกัดออกจากเนื้อสัตว์ การสกัดโปรตีนทำได้โดยการบดผสมเนื้อสัตว์กับสารละลายเกลือร่วมกับการควบคุมอุณหภูมิ โปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือจะถูกสกัดออกมามีกระจายตัวอยู่ในเฟสต่อเนื่องโดยจับกับน้ำ จากนั้นสับผสมไขมันให้ละเอียด โปรตีนจากเนื้อสัตว์จะห่อหุ้มหรือเคลือบเม็ดไขมันเอาไว้โดยโมเลกุลของโปรตีนจะหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) จับกับอนุภาคของไขมัน ส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) สัมผัสกับน้ำที่อยู่รอบนอกเกิดเป็นอิมัลชันขึ้น ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างส่วนประกอบของอิมัลชัน

ที่มา: Romans *et al.* (1994)

ไส้กรอกเป็นผลิตภัณฑ์อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water) โดยมีน้ำมันเป็นเฟสคงที่ (dispersed phase) และเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) ประกอบด้วยน้ำ โปรตีนที่ละลายได้ เครื่องปรุงและเครื่องเทศต่างๆ โดยมีโปรตีนที่ละลายได้ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (Kramlich, 1960)

โปรตีนที่สำคัญในเนื้อสัตว์ที่ทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ได้ดีที่สุด ได้แก่ โปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือคือ ไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actins) ซึ่งภายหลังรวมตัวเป็นแอคโตไมโอซิน (actomyosin) ส่วน โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำได้แก่ ซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic) และ โปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งไม่ละลายน้ำ (insoluble connective tissue) จะยับยั้งหรือจำกัดการเกิดอิมัลชัน (Romans *et al.*, 1994) ไส้กรอกที่ประกอบด้วยโปรตีนคอลลาเจนในปริมาณสูงส่งผลให้อิมัลชันไม่คงตัว เนื่องจากเกิดการแยกตัวอย่างรวดเร็ว ส่วนของเนื้อสัตว์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตไส้กรอก ได้แก่ เนื้อที่มีเอ็นและมีไขมันปนเล็กน้อยเนื่องจาก เนื้อบริเวณนี้มีแอคตินและไมโอซินสูง ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือได้แก่ pH และค่าความแรงไอออน (ionic strength)

การเตรียมอิมัลชันที่ดีทำให้ไส้กรอกมีอิมัลชันที่สมบูรณ์ มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี มีเนื้อนุ่ม และมีความชุ่มชื้น ความยืดหยุ่น ให้กลิ่นรสที่ดีแก่ผลิตภัณฑ์และสามารถยืดจับน้ำได้ดี ทำให้การสูญเสียของไส้กรอกลดลง

1.2 การบรรจุใส่

หลังผ่านกระบวนการบดผสมแล้ว จะเป็นขั้นตอนการนำส่วนผสมที่เป็นอิมัลชันแล้ว มาบรรจุลงในไส้สังเคราะห์หรือไส้ธรรมชาติ จากนั้นนำมาผูกมัดเป็นท่อนๆ โดยต้องระวังไม่ให้มีฟองอากาศเข้ามาในไส้ระหว่างการบรรจุ เพื่อให้ไส้มีความคงตัวเพิ่มขึ้นและลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ลดการเน่าเสียเนื่องจากแบคทีเรียและป้องกันการสลายตัวของโปรตีน ดังนั้นจึงเป็นการยืดอายุการเก็บของไส้กรอกให้นานขึ้น

1.3 การทำให้สุก

เป็นขั้นตอนที่มีจุดประสงค์เพื่อให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์แน่นขึ้นเนื่องจากการตกตะกอนของโปรตีนและเป็นการกำจัดน้ำบางส่วนออกจากผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุไมโอโกลบิน รวมถึงการทำลายเชื้อจุลินทรีย์และยืดอายุของผลิตภัณฑ์ (Wilson, 1960) วิธีการทำให้สุกมีหลายวิธี เช่น การนึ่ง การรมควันหรือใช้วิธีการทั้งหมดร่วมกัน

การเกิดเจลระหว่างการให้ความร้อน

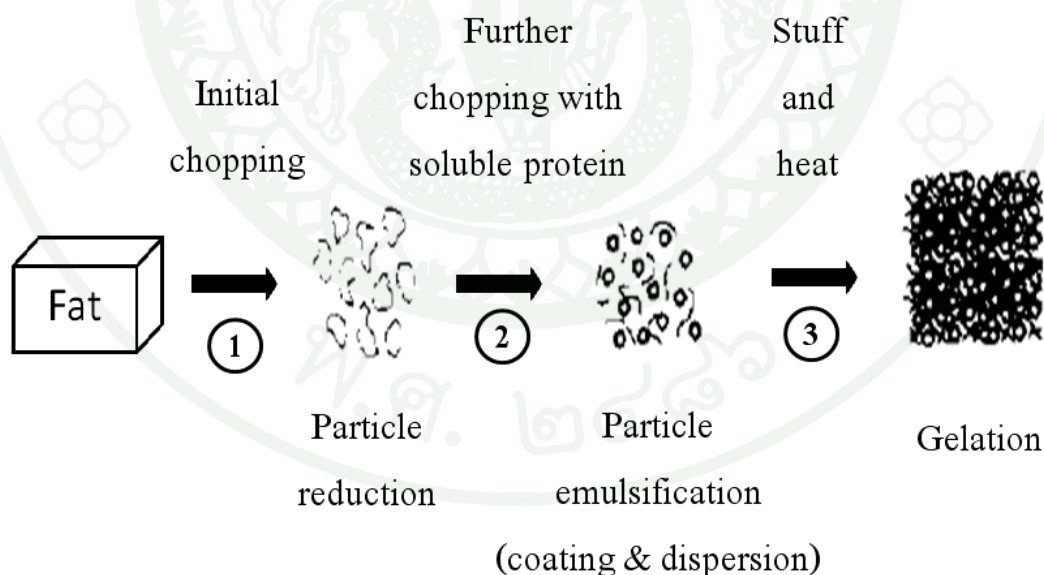
การเกิดเจล (gelation) คือปรากฏการณ์ที่โปรตีนเรียงตัวประสานกันอย่างมีแบบแผน เกิดเป็นโครงร่าง 3 มิติ โดยมีโมเลกุลของน้ำอยู่ระหว่างร่างแหเหล่านั้น ซึ่งเจลที่ได้มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดีและทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่มีความยืดหยุ่น

การเกิดเจลของโปรตีนแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ (Connell, 1960)

1) การสูญเสียสภาพของโปรตีน (denaturation) เป็นผลให้โปรตีนคลายตัว เช่น การใช้เกลือผสมในเนื้อปลาทำให้โปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือเกิดการคลายตัว โครงสร้างในโมเลกุลกล้ามเนื้อของปลาจะถูกทำลายระหว่างการแยกเนื้อและการบดผสม เมื่อเติมเกลือในเนื้อปลา ออออนของเกลือที่จับโมเลกุลน้ำจะถูกดูดซับบริเวณผิวหน้าของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ ส่งผลให้ความสามารถในการจับน้ำเพิ่มขึ้น (Lanier *et al.*, 1985)

2) การจัดเรียงตัวของโปรตีน (aggregation) การจัดเรียงตัวมีความสำคัญต่อการเกิดโครงสร้าง 3 มิติ โดยอาศัยการจัดเรียงตัวกันของโมเลกุลที่เหมาะสม เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น Foegeding and Ramsey (1988) กล่าวว่า เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 45-50 องศาเซลเซียส แบคทีเรียจะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นเจลที่ยืดหยุ่นและจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องจนอุณหภูมิสูงถึง 60-70 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่ออุณหภูมิสูง 50-60 องศาเซลเซียส ความชื้นจะถูกปลดปล่อยออกมาในระหว่างการให้ความร้อน ดังนั้นทำให้ความสามารถในการรักษาความชื้นลดลงการให้ความร้อนกับโปรตีนจากปลาที่อุณหภูมิสูง (80 องศาเซลเซียส) จะให้เจลที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าการปล่อยให้เจลเซตตัวที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาอันสั้นก่อนการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น

Laneir (1985) อธิบายกลไกการเกิดเจลของผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ดังภาพที่ 2 (1) ไขมันจะถูกลดขนาดลงในขั้นตอนการบดผสมทำให้มีอนุภาคเล็กลง (2) ในสภาวะที่มีโปรตีนที่ละลายได้อนุภาคไขมันจะถูกเคลือบด้วยโปรตีนและกระจายตัวอยู่ในเมทริกซ์ของโปรตีน (3) หลังการบรรจุไส้และให้ความร้อนภายใต้สภาวะที่เหมาะสม โปรตีนจะเกิดเจลขึ้นเพื่อห่อหุ้มเม็ดไขมัน (ซึ่งขณะนั้นไขมันจะอยู่ในสภาวะที่หลอมเหลวเพราะได้รับความร้อน)



ภาพที่ 2 กลไกการเกิดเจล

ที่มา: คัดแปลงจาก Lanier (1985)

1.4 การรมควัน

การใช้ควันไม่ว่าจะมาจากธรรมชาติในรูปของไม้หรือของเหลวก็ตาม ผลที่ได้รับคือ กลิ่น สี สารป้องกันจุลินทรีย์ช่วยป้องกันการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ (Wilson, 1960) สารป้องกันการเหิมนั่นและสารกันเสีย ซึ่งมีผลต่อการผลิตไส้กรอก ควันที่ใช้ได้จากไม้ เช่น บีช โอ๊ก จูนิเปอร์ เป็นต้น โดยควันจะซึมผ่านเข้าสู่ไส้กรอกและทำให้เกิดกลิ่นกับผลิตภัณฑ์

2. ส่วนประกอบหลักของไส้กรอก

คุณภาพของไส้กรอกแต่ละชนิดแตกต่างกันไปตามคุณภาพของวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละตัวในผลิตภัณฑ์ทำหน้าที่แตกต่างกันไป โดยสามารถแบ่งส่วนประกอบในไส้กรอกเป็นดังนี้

2.1 เนื้อสัตว์/ปลา

เนื้อสัตว์ถือเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตไส้กรอก ไส้กรอกโดยทั่วไปมีเนื้อสัตว์ประกอบอยู่ร้อยละ 30-40 (Romans *et al.*, 1994) ซึ่งเนื้อสัตว์แต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปทั้งในส่วนของคุณค่าของโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีน รวมถึงปริมาณแร่ธาตุภายในเซลล์ (Kramlich, 1960)

เนื้อสัตว์ที่นิยมนำมาผลิตเป็นไส้กรอก ได้แก่ เนื้อหมู เนื้อโค หรือเนื้อไก่ การพิจารณาเลือกเนื้อสัตว์เพื่อใช้ในการผลิตไส้กรอก ขึ้นกับปัจจัยสำคัญดังนี้ 1) เนื้อต้องไม่ติดกระดูก กระดูกอ่อน หรือเลือด 2) สัดส่วนของไขมันและเนื้อไม่ติดมัน 3) ความสามารถในการอุ้มน้ำ ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื่องจากหากมีกระดูก กระดูกอ่อน ไขมันติด สามารถนำมาตัดแต่งเอาออกไปได้ ส่วนไขมันสามารถชดเชยโดยใช้เนื้อในส่วนที่เพิ่มขึ้นได้ แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นคุณลักษณะที่มีอยู่แต่กำเนิดในผลิตภัณฑ์และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการตัดแต่งเอาออกไปได้ (George, 1953) เนื้อสัตว์สามารถแบ่งตามความสามารถในการอุ้มน้ำได้ 3 ระดับ คือเนื้อสัตว์ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ได้แก่ เนื้อวัวส่วนขาและส่วนคอ ซึ่งเนื้อวัวเป็นวัตถุดิบที่ผลิตไส้กรอกได้คุณภาพดีที่สุด ความสามารถในการอุ้มน้ำปานกลาง ได้แก่ เนื้อหมู เนื้อสัตว์ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ได้แก่ เนื้อหมูตัดแต่ง เนื้อหมูส่วนแก้ม ซึ่งเนื้อประเภทนี้มีไขมันเป็นส่วนประกอบสูง

ในปัจจุบันได้มีการนำเนื้อปลามาผลิตเป็นไส้กรอกเนื่องจากต้นทุนในการผลิตต่ำ มีคุณค่าทางอาหารสูง รวมถึงเนื้อปลามีปริมาณไขมันต่ำกว่าไส้กรอกโดยทั่วไป ทำให้เหมาะสมต่อผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณไขมันและปริมาณคอเรสเตอรอล

ไส้กรอกปลาสามารถผลิตได้ทั้งจากเนื้อปลาสดและซูริมิ แต่อย่างไรก็ตามการผลิตไส้กรอกปลาจากเนื้อปลาสดได้รับความนิยมมากกว่าเนื้อปลาสดซูริมิ ในปัจจุบันการรับประทานไส้กรอกปลาได้รับความนิยมมากขึ้นเนื่องจากเนื้อปลามีไขมันต่ำและอุดมไปด้วยสารอาหารที่สำคัญต่อสุขภาพ เช่น omega-3 DHA วิตามินดี วิตามินบี 12 ซีลีเนียมและไอโอดีน (Sini *et al.*, 2008) นอกจากนี้ไส้กรอกปลาเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญซึ่งโปรตีนจากเนื้อปลาสามารถย่อยได้ง่ายกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่น ไส้กรอกปลามีความนุ่มมากกว่าไส้กรอกจากเนื้อวัวและเนื้อหมู เนื่องจากโปรตีนจากเนื้อปลามีความแข็งแรงของเจลน้อยกว่าโปรตีนจากเนื้อวัวและหมูตามลำดับ (Xiong *et al.*, 1998) รวมถึงต้นทุนในการผลิตไส้กรอกปลาดังกล่าวต่ำกว่าไส้กรอกชนิดอื่นๆ ไส้กรอกปลามีองค์ประกอบทางเคมีเป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกปลา

องค์ประกอบ	Sini <i>et al.</i> (2008)	Rahman <i>et al.</i> (2007)	Kamruzzaman <i>et al.</i> (2007)
ความชื้น	73.01±5.00	62.26±1.62	80.10±2.01
โปรตีน	17.96±0.51	15.27±0.15	13.44±0.85
ไขมัน	7.08±0.10	9.86±1.23	4.32±0.54
เถ้า	1.39±0.06	2.61±0.12	2.37±0.04

ที่มา: Sini *et al.*, (2008); Rahman *et al.*, (2007) และ Kamruzzaman *et al.*, (2007)

Rahman *et al.* (2007) ศึกษาอายุการเก็บรักษาไส้กรอกปลาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 12 สัปดาห์และศึกษาผลการเติมแป้งในสูตรไส้กรอกปลาร้อยละ 0- 48 โดยน้ำหนักเนื้อปลา พบว่าค่า hardness จากการวัดด้วยเครื่องมือ มีความสัมพันธ์กับค่า hardness จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและเมื่อระดับแป้งเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า hardness จากเครื่องมือและทางประสาทสัมผัสมีความสัมพันธ์ต่อกันเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่า firmness, brittleness และ adhesiveness ของเครื่องมือและประสาทสัมผัส และสุดท้ายไส้กรอกปลา

สูตรที่เติมแป้งสัปดาห์ร้อยละ 8 เป็นสูตรที่มีเนื้อสัมผัสดีที่สุด การเติมเครื่องเทศและสมุนไพรที่เติมในสูตรไส้กรอกไม่มีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสแต่มีผลให้การยอมรับทางประสาทเพิ่มขึ้น

Murphy *et al.* (2004) ศึกษาผลการใช้ซูริมิ (ร้อยละ 0-40) ไขมัน (ร้อยละ 5-30) และน้ำ (ร้อยละ 10-35) ต่อคุณภาพทางกายภาพ เนื้อสัมผัสและทางประสาทสัมผัสของไส้กรอก 4 สูตร ได้แก่ สูตร R1 (ซูริมีย้อยละ 25.3 ไขมันร้อยละ 12.7 น้ำร้อยละ 12.7 และเนื้อหมูร้อยละ 25.3), R2 (ซูริมีย้อยละ 12.2 ไขมันร้อยละ 5.5 น้ำร้อยละ 38.7 และเนื้อหมูร้อยละ 33.2), R3 (ซูริมีย้อยละ 12.2 ไขมันร้อยละ 5.5 น้ำร้อยละ 38.7 และเนื้อหมูร้อยละ 33.2) และ R4 ไส้กรอกชุดควบคุม พบว่าสามารถใช้ซูริมิตดแทนเนื้อหมูในกระบวนการผลิตไส้กรอกได้ โดยไส้กรอกปลาสูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ R1 ค่าแรงของไส้กรอกปลาสูตร R1 ไม่แตกต่างจากไส้กรอกสูตรควบคุมแต่ไส้กรอกสูตร R2 และ R3 มีค่าแรงต่ำกว่า R4 อย่างมีนัยสำคัญ ค่าสีและคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาสูตร R1 R3 และ R4 ไม่แตกต่างกัน แต่ไส้กรอกสูตร R2 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่ำกว่าไส้กรอกสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

Cardoso *et al.* (2008) ได้ทำการพัฒนาไส้กรอกปลาไขมันต่ำโดยเติมใยอาหาร โดยศึกษาผลการเติมใยอาหาร Swelite (ใยอาหารจากถั่ว) ร้อยละ 4 ในไส้กรอกหมู การใช้เนื้อปลาคอดทดแทนเนื้อหมู (ร้อยละ 0, 50 และ 100) และการใช้ใยอาหาร Fibruline (ใยอาหารจากรากของซีโครี) ผสมกับเนื้อปลาคอด (Fibruline:เนื้อปลาคอด สัดส่วนร้อยละ 2.6:5.2, 5.2:2.6 และ 7.8:0.0) พบว่าไส้กรอกหมูที่เติมใยอาหาร Swelite ร้อยละ 4 มีค่า gel strength และ hardness สูงสุด เมื่อระดับการทดแทนเนื้อหมูด้วยเนื้อปลาคอดเพิ่มขึ้น มีผลให้ gel strength และ hardness ลดลง และไส้กรอกสูตรที่เติม Fibruline ในปริมาณสูง จะมีค่า cohesiveness และ chewable ต่ำกว่าไส้กรอกสูตรควบคุม ในขณะที่ค่า gel strength และ hardness ต่ำกว่าไส้กรอกชุดควบคุม ส่วนไส้กรอกปลาสูตรที่เติม Fibruline ในปริมาณต่ำมีผลให้คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับไส้กรอกชุดควบคุม ยกเว้นค่า hardness และ gumminess ดังนั้นมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถผลิตไส้กรอกปลาไขมันต่ำที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับไส้กรอกหมูสูตรต้นแบบ

2.2 น้ำ

น้ำประกอบในไส้กรอกร้อยละ 45-55 ซึ่งได้จากน้ำหรือน้ำแข็งที่เพิ่มเข้าไปในระหว่างกระบวนการผลิตและน้ำที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในส่วนประกอบอื่นของไส้กรอก เช่น เนื้อสัตว์ เป็นต้น ซึ่งปริมาณที่ความชื้นในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่เหมาะสม ไม่ควรเกิน 4 เท่าของโปรตีนบวก 10

(ความชื้น = $4P+10$) (Romans *et al.*, 1994) น้ำทำให้โปรตีนที่ละลายน้ำละลายออกมาและจำเป็นต่อการละลายของโปรตีนที่ละลายในน้ำเกลือ รวมถึงน้ำทำหน้าที่เป็นตัวพาให้ส่วนประกอบอื่นๆ กระจายตัวในส่วนผสมอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ นอกจากนั้นน้ำที่เติมลงไปในรูปแบบของน้ำแข็งจะช่วยลดอุณหภูมิในขณะบดผสม เพื่อป้องกันการแยกตัวของอิมัลชัน น้ำมีผลต่อความอ่อนนุ่มและความชุ่มฉ่ำของไส้กรอก

2.3 เกลือ

เกลือมีความสำคัญในกระบวนการผลิตไส้กรอก กล่าวคือ เกลือทำหน้าที่ป้องกันการเสื่อมเสียของไส้กรอกโดยขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ให้รสชาติกับผลิตภัณฑ์และทำหน้าที่สกัดแอกตินและไมโอซินออกจากกล้ามเนื้อของสัตว์ (Romans *et al.*, 1994) ซึ่งโปรตีนเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ช่วยในการรวมตัวของน้ำและน้ำมัน จึงทำให้ไส้กรอกมีเนื้อสัมผัสเหนียวและระบบอิมัลชันในไส้กรอกมีความคงตัว นอกจากนี้เกลือทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น โซเดียมคลอไรด์เป็นเกลือที่นิยมใช้ในการผลิตไส้กรอกเนื่องจากทำให้เกิดรสชาติที่ถูกใจผู้บริโภค นอกจากนั้น Munasinghe and Sakai (2003) ศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสกัดโปรตีนของเกลือ 3 ชนิดคือ โซเดียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และลิเทียมคลอไรด์พบว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์สามารถสกัดโปรตีนออกมาได้มากที่สุด

2.4 ไขมัน

ไขมันทำหน้าที่เป็นเฟสคงที่ (dispersed phase) ในระบบอิมัลชัน ดังนั้นจึงถือเป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตไส้กรอก โดยทั่วไปไส้กรอกประกอบด้วยไขมันร้อยละ 30 ซึ่งปริมาณไขมันมีผลต่อความอ่อนนุ่มและความชุ่มฉ่ำของไส้กรอก ไขมันที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ได้แก่ ไขมันหมูและไขมันวัว โดยไขมันหมูนุ่มและหอมที่อุณหภูมิต่ำกว่าไขมันวัว ทำให้ง่ายต่อการบดให้ละเอียด แต่อย่างไรก็ตามอิมัลชันจากไขมันวัวจะมีความคงตัวมากกว่าอิมัลชันจากไขมันหมู หากเก็บไขมันหมูในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำในระหว่างการเตรียมอิมัลชันในขั้นตอนการบดผสม จะทำให้ความคงตัวของอิมัลชันของไขมันทั้งสองมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไขมันทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำและให้กลิ่นรสที่พึงปรารถนาแก่ผลิตภัณฑ์ (Kramlich, 1960) นอกจากนี้ไขมันช่วยในการลดการสูญเสียเนื่องจากกระบวนการแช่แข็งและการละลายอีกด้วย แต่ข้อเสียของไขมันคือเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหืนในอาหาร เนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและออกซิเดชัน (DeFreitas, 1997)

2.5 น้ำตาล

น้ำตาลถูกนำมาใช้เพื่อทำให้เกิดกลิ่นรส ตอบโต้ความเข้มของกลิ่นรสเดิม นอกจากนี้ น้ำตาลเป็นสารที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการปรุงสุก (Romans *et al.*, 1994) ในไส้กรอกโดยทั่วไปจะเติมน้ำตาลแตกโดสและน้ำตาลดี-กลูโคสอัตราส่วนร้อยละ 0.5-2.0 หรืออาจมีการใช้น้ำตาลแซคคาไรสหรือน้ำตาลมอลโตสในบางโอกาส (Food and Agriculture Organization[FAO], 1985)

2.6 สารประกอบฟอสเฟต

สารประกอบฟอสเฟตถูกนำมาใช้ในกระบวนการผลิตไส้กรอก เพื่อช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนและช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไส้กรอกให้มีความนุ่มและชุ่มชื้น เพิ่มการยึดเกาะของชิ้นเนื้อ ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว รวมถึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวต่อความเป็นกรด่าง นํารับประทานมากขึ้น นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ(antioxidant) ช่วยป้องกันและทำให้กลิ่นรสและสีของผลิตภัณฑ์มีความคงตัว ตลอดจนช่วยยืดอายุการเก็บรักษา (Romans *et al.*, 1994) สารประกอบฟอสเฟตที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกได้แก่ ไคโซเดียมฟอสเฟต โมโนโซเดียมฟอสเฟต โซเดียมฟอสเฟต โซเดียมพอลิฟอสเฟต และโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต เป็นต้น ประเทศสหรัฐอเมริกากำหนดการใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่เกินร้อยละ 0.5 (FAO, 1985)

2.7 ฟิลเลอร์ (fillers) และไบเดอร์ (binder)

ฟิวเลอร์และไบเดอร์ช่วยในการเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยในปรับปรุงสี กลิ่นรสและช่วยลดต้นทุนในการผลิต (Wilson, 1960) ความแตกต่างระหว่างฟิวเลอร์และไบเดอร์คือ ฟิวเลอร์มีส่วนประกอบหลักเป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งช่วยในการดูดซับน้ำเท่านั้น แต่ไม่มีผลในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งได้แก่ แป้งจากธัญพืชต่างๆ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และแป้งคัดแปร เป็นต้น ส่วนไบเดอร์เป็นสารที่มีโปรตีนประกอบในปริมาณสูง ซึ่งจะช่วยในการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำและช่วยในการยึดเกาะของส่วนผสมได้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยในการกระจายตัวของไขมันในระบบอิมัลชันอีกด้วย เช่น โซเดียมเคซีนเทต (sodium caseinate, โปรตีนร้อยละ 90), โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolate, โปรตีนร้อยละ

ละ 90) และโปรตีนถั่วเหลืองคอนเซนเตรต (soy protein concentrate, โปรตีนร้อยละ 70) เป็นต้น (FAO, 1985)

2.8 เครื่องเทศและเครื่องปรุงแต่งรสต่างๆ

การเติมเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสต่างๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีกลิ่นรสและกลิ่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ตัวอย่างของเครื่องเทศและเครื่องปรุงแต่งรสได้แก่ กระเทียม พริกไทย ลูกจันทร์ ยี่ห่วย ดอกจันทร์ เป็นต้น นอกจากนั้นเครื่องเทศหลายชนิดที่มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันด้วย เช่น พริกไทยดำ กานพลู และขิง เป็นต้น

3. คุณภาพของไส้กรอกที่ต้องการ

3.1 คุณภาพของไส้กรอกปลา (มพข., 2546)

3.1.1 ลักษณะทั่วไป ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปร่างเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกันมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด

3.1.2 สี ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ สีสม่ำเสมอหมดทั้งชิ้น ไม่มีสีผิดปกติ เช่น เขียวคล้ำ ดำ

3.1.3 กลิ่นรส ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นคาว เหม็นบูด เปรี๊ยะ

3.1.4 เนื้อสัมผัส ต้องมีความนุ่ม ชืดหยุ่น มีความคงรูป ไม่มีโพรงอากาศและมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่มีการแยกตัวของหยดน้ำหรือน้ำมันออกจากเนื้อ

3.1.5 สิ่งแปลกปลอม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น ก้าง เกล็ดปลา เส้นผม ขนสัตว์ ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.2 คุณภาพของไส้กรอกอื่นๆ

เนื้อสัตว์ที่นำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกควรเป็นเนื้อสัตว์ชนิดที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี เช่น เนื้อวัวตัวผู้ เนื้อวัวตัวเมีย เนื้อลูกวัว เนื้อวัวส่วนคอ เนื้อหมูไม่ติดมัน และเนื้อสัตว์ปีก เนื่องจากเนื้อเหล่านี้มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง โดยเนื้อจากลูกวัวจะทำให้ผลิตภัณฑ์ไส้กรอกมีความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนเนื้อแกะเป็นเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงมาก แต่มีกลิ่นรสแรง ดังนั้นจึงใช้ได้ปริมาณที่จำกัดประมาณร้อยละ 15-20 ของปริมาณเนื้อทั้งหมด แต่อย่างไรก็ตาม ไส้กรอกเนื้อแกะยังเป็นที่นิยมรับประทานในหลายๆ ประเทศ

ไส้กรอกเนื้อควาย การนำเนื้อควายมาผลิตเป็นไส้กรอกไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากโดยปกติควายจะถูกฆ่าเมื่ออายุมากหรืออยู่ในช่วงระยะสุดท้ายของการทำงาน เช่น การมีลูกหรือการให้นม ซึ่งอายุของสัตว์เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภค ไส้กรอกจากเนื้อควายจะมีสีค่อนข้างคล้ำแต่มีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดีมาก

ไส้กรอกจากเนื้อวัวส่วนท้อง เนื้อวัว เนื้อหมูส่วนแก้มและเนื้อหน้าแข้ง เป็นเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำปานกลาง การใช้เนื้อเหล่านี้ผลิตไส้กรอกจำเป็นต้องมีการล้างทำความสะอาดเลือดที่ติดอยู่ออกไปให้หมดรวมทั้งต้องตัดแต่งเอากระดูกออกให้หมดก่อนการนำไปผลิตเป็นไส้กรอก

ไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เช่น เนื้อหมูตัดแต่งไขมัน หัวใจ หน้าอก หลอดอาหาร ตับและไต โดยหากใช้เนื้อประเภทนี้ในการผลิตควรทำการผลิตด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากกล้ามเนื้อประเภทนี้มีน้ำอิสระสูงทำให้อัตราส่วนระหว่างน้ำและโปรตีนมีค่าสูง (FAO, 1985)

4. ส่วนประกอบของไส้กรอก

4.1 แป้งข้าวโพด

แป้งข้าวโพดผลิตได้จากข้าวโพด (corn หรือ maize) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays L.* ในวงศ์ Gramineae มีการใช้ประโยชน์จากแป้งข้าวโพดอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม

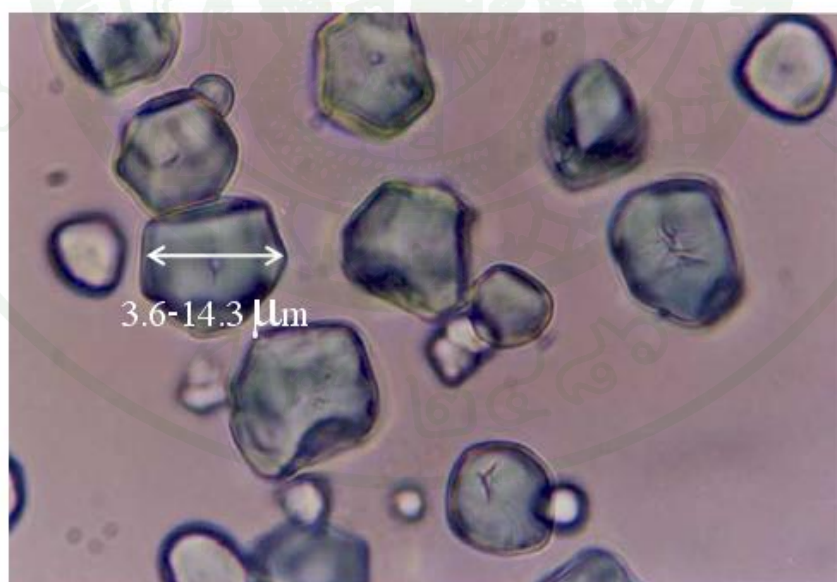
อาหาร โดยใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ช่วยการเกิดเจลและช่วยรักษาน้ำในผลิตภัณฑ์ (Mishra and Rai, 2006) องค์ประกอบของแป้งข้าวโพดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งข้าวโพด

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	7.74± 0.06
ไขมัน	1.22±0.16
โปรตีน	1.21± 0.15
แป้ง	89.27±1.82

ที่มา: คัดแปลงจาก Mishra and Rai (2006)

เมล็ดแป้งข้าวโพดมีลักษณะกลมแบน มีหลายเหลี่ยม รูปร่างคล้ายแท่ง ขนาดประมาณ 3.6-14.3 ไมโครเมตร แสดงดังภาพที่ 3 แป้งข้าวโพดมีการใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป



ภาพที่ 3 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดแป้งข้าวโพด

ที่มา: คัดแปลงจาก Nwokocha (2009)

Skrede (1989) ศึกษาผลการเติมแป้งชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพไส้กรอกหมู พบว่า ไส้กรอกที่เติมแป้งข้าวโพดต้องใช้อุณหภูมิในการปรุงสุกมากกว่า 75 องศาเซลเซียสและไส้กรอกที่เติมแป้งข้าวโพดมีความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลายต่ำ Beggs *et al.*, (1997) ศึกษาผลการเติมแป้งข้าวโพดคั่ว ร้อยละ 2.379-6.621 และเติมน้ำร้อยละ 20.93-35.07 ต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ พบว่า ปริมาณแป้งข้าวโพดและน้ำมีผลให้ความเป็นสีเหลือง ความแน่นเนื้อในไส้กรอกเพิ่มขึ้น และสูตรไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ที่เหมาะสมประกอบด้วยแป้งข้าวโพดคั่วและน้ำร้อยละ 2.3 และ 33.6 ตามลำดับ Devadason *et al.*, (2010) ได้ศึกษาผลของไบเคอร์ชนิดต่างๆ ได้แก่ สตาร์ชข้าวโพด แป้งสาลี แป้งสาลีเซโมลินา (wheat semolina) และแป้งมันสำปะหลัง ต่อคุณภาพของนักเก็ตเนื้อควาย พบว่าไบเคอร์แต่ละชนิดไม่มีผลต่อค่าผลผลิต drip loss และ pH ของนักเก็ต โดยนักเก็ตที่เติมสตาร์ชข้าวโพดมีค่า shear force สูงสุด รองลงมาเป็นแป้งสาลี แป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลีเซโมลินา ตามลำดับ นอกจากนี้ชนิดของไบเคอร์ไม่มีผลต่อค่า frying loss ความชื้นและปริมาณโปรตีนของนักเก็ต การเติมสตาร์ชข้าวโพดมีผลให้ค่า chewiness สูงสุด ทำให้ได้รับคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุดในทุกคุณลักษณะเมื่อเปรียบเทียบกับไบเคอร์ชนิดอื่นๆ ดังนั้นแป้งข้าวโพดมีความเหมาะสมที่สุดที่ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์นักเก็ตเนื้อควาย

4.2 แป้งมันสำปะหลัง

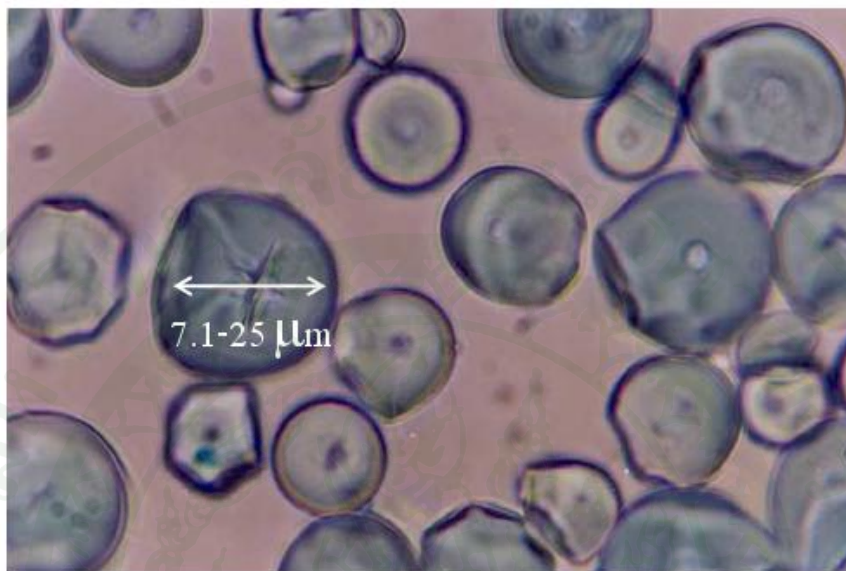
แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่ได้จากมันสำปะหลังซึ่งมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Manihot esculenta* (Hoover, 2001) ลักษณะของแป้งมันสำปะหลังเป็นผงละเอียดสีขาว เนื้อเนียน ลื่นเป็นมัน โดยมีสตาร์ชเป็นส่วนประกอบมากกว่าร้อยละ 95 และมีโปรตีนและไขมันค่อนข้างต่ำ องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลังแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของแป้งมันสำปะหลัง

องค์ประกอบ	Nwokocha (2009)	Hoover (2001)
ความชื้น (ร้อยละ)	14.6±0.20	-
เถ้า (ร้อยละ)	0.29±0.06	-
ไนโตรเจน (ร้อยละ)	0.08±0.008	0.009-0.0131
อะไมโลส (ร้อยละ)	29.29±0.03	18.6– 23.6
ขนาดเม็ดแป้ง (ไมโครเมตร)	2.81±14.03	5.4

ที่มา: ดัดแปลงจาก Nwokocha (2009) และ Hoover (2001)

ลักษณะเม็ดแป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ อาจมีรอยบุ๋มด้านปลายด้านหนึ่งของเม็ดแป้ง ดังภาพที่ 4 เนื่องจากแป้งมันจัดเป็นแป้งที่มีปริมาณอะไมโลสค่อนข้างต่ำส่งผลให้มีความการพองตัวที่ดี



ภาพที่ 4 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง

ที่มา: คัดแปลงจาก Nwokocha (2009)

ผลิตภัณฑ์ประเภทไส้กรอกที่เติมแป้งมันสำปะหลังเพื่อทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มปริมาณ (filler) ช่วยในการดูดซับน้ำ แต่ไม่มีผลในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ โดยแป้งมันสำปะหลังมีสมบัติในการอุ้มน้ำที่ดีมาก (Skrede, 1989) ช่วยลดค่า cooking loss ซึ่งไม่เพียงทำหน้าที่จับกับน้ำเท่านั้นแต่แป้งมันสำปะหลังยังช่วยรักษาความชื้นให้กับผลิตภัณฑ์ด้วย (Annor-Frempong, 1996; Colmenero *et al.*, 1996) Dexter *et al.* (1993) พบว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังในขั้นตอนการบดผสมโบโลญนา ไก่กึ่งมีผลทำให้ค่า purge loss ระหว่างการเก็บรักษาลดลง นอกจากนั้นแป้งมันสำปะหลังยังช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยการเพิ่มความแน่นเนื้อให้กับผลิตภัณฑ์ ทำให้ความรู้สึกภายในปากของไส้กรอกไขมันต่ำดีขึ้นด้วย (Knyght and Perkin, 1991) แป้งมันสำปะหลังคัดแปรช่วยปรับปรุงกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ ในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งแป้งมันสำปะหลังช่วยเพิ่มความคงตัวให้กับผลิตภัณฑ์โบโลญนาและไส้กรอกแช่แข็ง (Colmenero *et al.*, 1996; Skrede, 1989) ซึ่งแป้งมันสำปะหลังลดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีความต้านทานต่อการเกิดรีโทรเกรเดชัน ส่งผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ระหว่างการแช่แข็งและการละลายสูง นอกจากนั้นแป้งมันสำปะหลังยังเป็นคาร์โบไฮเดรตราคาถูกสามารถใช้ทดแทนเพื่อลดสัดส่วนเนื้อสัตว์ในผลิตภัณฑ์ ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงด้วย (Skrede, 1989)

Bloukas and Paneras (1996) ศึกษาคุณภาพของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ โดยเติมแป้งมันสำปะหลัง ขนมันบดละเอียด และรำข้าวในปริมาณร้อยละ 3 พบว่า ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์สูตรที่เติมรำข้าวได้รับการยอมรับด้านสีและเนื้อสัมผัสเพิ่มขึ้น แต่ความชื้นลดลง ส่วนไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์สูตรที่เติมรำข้าวร้อยละ 1.5 ร่วมกับแป้งมันสำปะหลังหรือขนมันบดละเอียดร้อยละ 0.75 เป็นสูตรที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด Hughes *et al.* (1998) ศึกษาผลของระดับไขมัน แป้งมันสำปะหลังและโปรตีนหางนม (whey protein) ต่อคุณภาพของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ พบว่า เมื่อระดับไขมันลดลงส่งผลให้การสูญเสียระหว่างการหุงต้ม กลิ่นรสควั่น กลิ่นเครื่องเทศ รสเค็ม และการยอมรับด้านกลิ่นรสและความฉ่ำเพิ่มขึ้น การเติมแป้งมันสำปะหลังหรือโปรตีนหางนมสามารถช่วยลดค่า cooking loss และเพิ่มค่า emulsion stability ได้ Lyons *et al.* (1999) ได้ศึกษาผลของโปรตีนหางนม (whey protein)/คาร์ราจีแนน และแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกหมูลดไขมัน พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังมีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสและความชอบด้านกลิ่นรสลดลง โดยไส้กรอกลดไขมัน (ไขมันร้อยละ 3) สูตรที่เติมโปรตีนหางนม (ร้อยละ 8) คาร์ราจีแนน (ร้อยละ 1.5) และแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 3) มีคุณภาพใกล้เคียงกับไส้กรอกชุดควบคุมที่เติมไขมันร้อยละ 20 Annor-Frempong *et al.* (1996) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของไส้กรอกที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.4, 9 และ 10 แป้งถั่วเหลืองร้อยละ 5.4 และไส้กรอกที่ไม่เติมสารเพิ่มปริมาณเลย พบว่า ไส้กรอกสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 4 ได้รับการคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุดและสามารถเติมแป้งมันสำปะหลังได้สูงถึงร้อยละ 9 โดยที่ไม่ทำให้คุณภาพทางเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงและยังได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค นอกจากนี้ไส้กรอกที่เติมแป้งมันสำปะหลังมีคุณภาพดีกว่าไส้กรอกที่เติมแป้งถั่วเหลืองทั้งในด้านสี รสชาติและเนื้อสัมผัส Ruban *et al.* (2008) ศึกษาเปรียบเทียบผลของแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7 และแป้งมันฝรั่งร้อยละ 5 โดยใช้หมูเนื้อแดงร้อยละ 50 และเนื้อคุณภาพต่ำร้อยละ 30 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษา ค่า pH, คุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพจุลชีววิทยาลดลง ส่วนค่า TBARS และ TVB มีค่าเพิ่มขึ้น โดยไส้กรอกที่เติมแป้งมันฝรั่งและแป้งมันสำปะหลังสามารถเก็บรักษาได้นาน 25 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 ± 1 องศาเซลเซียส)

4.3 ไฮโดรคอลลอยด์

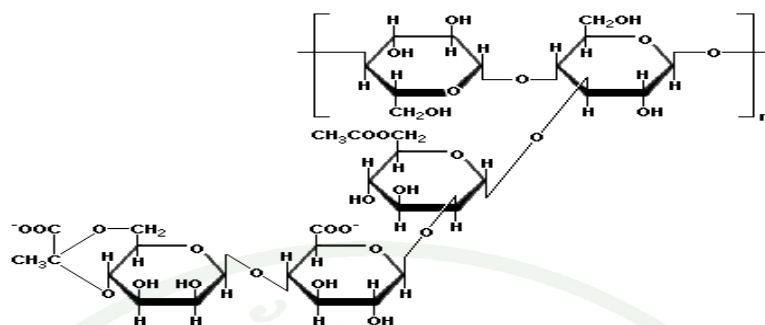
ไฮโดรคอลลอยด์ คือ พอลิแซ็กคาไรด์และโปรตีนชนิดต่างๆ มีขนาดโมเลกุลใหญ่และน้ำหนักโมเลกุลสูง สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อทำหน้าที่เป็นสารทำให้เกิดความข้นหนืด สารทำให้เกิดความคงตัวของอิมัลชันและช่วยการกระจายตัว (dispersion) ชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็ง รวมถึงควบคุมการปลดปล่อยกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์อาหาร ไฮโดรคอลลอยด์มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอาหารมาก เนื่องจากสมบัติที่หลากหลายของไฮโดรคอลลอยด์จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดสามารถเพิ่มความข้นหนืดให้กับสารละลายได้ แต่มีเพียงบางชนิดที่สามารถเกิดเจลได้ โดยส่วนใหญ่แล้วไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดจะมีสมบัติแตกต่างกันออกไป

ในการเตรียมไฮโดรคอลลอยด์เพื่อให้เป็นสารละลายในการทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องทำให้อนุภาคของไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นผงแห้งแยกออกจากกันก่อนการเติมลงในน้ำเพื่อป้องกันการเกิด fish eyes คือการจับเป็นกลุ่มของไฮโดรคอลลอยด์ที่สัมผัสน้ำแล้วเกิดการพองตัวออกหุ้มส่วนที่ไม่ถูกน้ำและผงที่แห้งไว้ภายใน วิธีการทำให้ไฮโดรคอลลอยด์กระจายตัวได้ดี ได้แก่ การใช้เครื่องผสมที่มีประสิทธิภาพสูง การกระจายผงแห้งในน้ำมันหรือตัวทำละลายที่ละลายได้ในน้ำ เช่น โพรพิลีนไกลคอล หรือแอลกอฮอล์ หรือการผสมไฮโดรคอลลอยด์กับส่วนผสมแห้งอื่นๆ เช่นน้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของอาหาร ของการเตรียมสูตรอาหารก่อนการนำไปละลาย (รุ่งนภา, 2547)

ไฮโดรคอลลอยด์ยังทำให้อิมัลชันเกิดความคงตัว โดยทำหน้าที่เชื่อมโยงผิวหน้าของน้ำและน้ำมัน ปฏิกริยาระหว่างไฮโดรคอลลอยด์กับอนุภาคอิมัลชันมีผลต่อการไหลและความคงตัวของผลิตภัณฑ์

4.3.1 แชนแทนกัม (xanthan gum)

แชนแทนกัม เป็นไฮโดรคอลลอยด์ชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตจากการหมักแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris*. โครงสร้างโมเลกุลของแชนแทนกัม เป็นเฮเทอโรพอลิแซ็กคาไรด์ที่ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจับกับน้ำตาลแมนโนส 2 โมเลกุลและกรดกลูโคโลนิก 1 โมเลกุล โดยกลูโคสต่อกับแมนโนสด้วยพันธะ β -1,4 และแมนโนสที่เป็นสายแขนงต่อกับสายหลักด้วยพันธะ 1,2 หรือ 1,3 ส่วนกรดกลูโคโลนิกต่อกับพันธะ β -1,2 (Nussimovitch, 1997) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 โครงสร้างโมเลกุลของแซนแทนกัม

ที่มา: Zamora (2005)

แซนแทนกัมสามารถละลายได้ทั้งในน้ำเย็นและน้ำร้อน โดยการกวนอย่างรวดเร็วเพื่อให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่จับตัวเป็นก้อน สารละลายที่ได้มีความหนืดสูง ทนต่อการย่อย ด้วยเอนไซม์ มีความคงตัวสูงต่อความร้อนและการเปลี่ยนแปลง pH (Sworn, 2000) ความหนืดของสารละลายแซนแทนกัมจะคงที่เมื่ออุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงในช่วง 0-100 องศาเซลเซียสหรือ pH จะเปลี่ยนแปลงในช่วง 1-13 นอกจากนั้นสารละลายแซนแทนกัมยังมีสมบัติเป็น pseudoplastic ซึ่งมีความสำคัญต่อคุณลักษณะที่ดีของอาหาร เช่น การปลดปล่อยกลิ่นรสและความรู้สึกเมื่ออาหารอยู่ในปาก (mouthfeel) (Pettitt, 1980)

แซนแทนกัมแสดงพฤติกรรมการไหลเป็นสารละลายนอนนิวโตเนียน ความหนืดจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อให้แรงกับสารละลาย แต่สารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อหยุดให้แรง ซึ่งพฤติกรรมการไหลแบบนี้เป็นผลมาจากการที่โมเลกุลของแซนแทนกัมจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนและการเกี่ยวพันกันของพอลิเมอร์ แซนแทนกัมมีประสิทธิภาพในการเป็นสารให้ความคงตัวที่ดี สำหรับสารแขวนลอยและอิมัลชันและมีความคงตัวต่ออุณหภูมิในการแปรรูปที่ดีกว่าพอลิแซ็กคาไรด์หรือพอลิเมอร์อื่น เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นแบบเกลียว (helix structure) (รุ่งนภา, 2547)

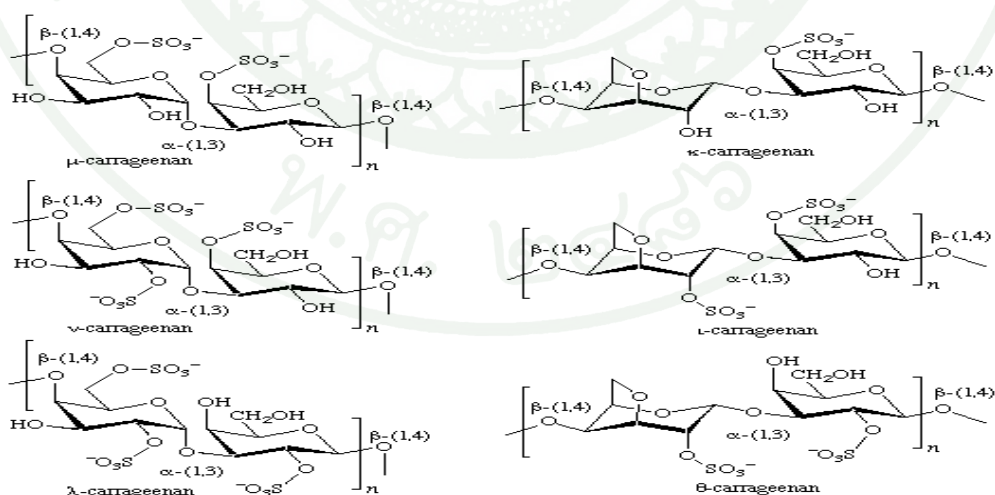
ในผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง แซนแทนกัมทำหน้าที่ในการรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ช่วยควบคุมการการบีบของเหลวออกมา (syneresis) และเพิ่มความหนืดให้กับผลิตภัณฑ์ ในระหว่างวงจรการแช่แข็งและการละลาย แซนแทนกัมช่วยรักษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ได้โดยการอุ้มน้ำไว้ในโมเลกุล ลดปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์ทำให้ผลิตภัณฑ์ถูกทำลายน้อยลงเนื่องจาก

การขยายตัวของผลิตภัณฑ์น้ำแข็งถูกจำกัด ผลิตภัณฑ์อาหารจึงสามารถคงลักษณะเนื้อสัมผัสไว้ได้ (รุ่งนภา, 2547)

แซนแทนกัมมักใช้ในอุตสาหกรรมอย่างหลากหลายเนื่องจากมีสมบัติที่สำคัญ คือ สามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำร้อนและน้ำเย็น มีความคงตัวสูงต่อเอนไซม์ ความร้อนและความ เป็นกรดต่าง การนำแซนแทนกัมมาใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร ได้แก่ เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ในน้ำผลไม้ เป็นสารเพิ่มความคงตัวในน้ำสลัด เพิ่มความคงตัวในการแช่แข็งและการละลายของ อาหารแช่แข็งและให้ความรู้สึกที่ดีเมื่ออาหารอยู่ในปาก รวมถึงการเพื่อยืดอายุการเก็บของ ผลิตภัณฑ์

4.3.2 คาร์ราจีแนน (carrageenan)

คาร์ราจีแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์เส้นตรงซึ่งผลิตจากสาหร่ายสีแดง (rhodophyceae) ได้แก่ *Euchema cottonii* และ *E. spinosum* คาร์ราจีแนนเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่มี น้ำหนักโมเลกุลสูงที่ประกอบด้วย repeating galactose unit และ 3,6 anhydrogalactose ทั้ง sulfate และ non-sulfate เชื่อมต่อกันด้วย alternating α -(1,3) และ β -(1,4) glycosidic link ซึ่งแบ่ง ออกเป็น 3 ชนิด คือ ไอออตา, แคลปา และแลมดา-คาร์ราจีแนน โครงสร้างของคาร์ราจีแนนแต่ละ ชนิดแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โครงสร้างโมเลกุลของคาร์ราจีแนนแต่ละชนิด

ที่มา: Biological and chemical science (2005)

คาร์ราจีแนนทุกชนิดละลายได้ในน้ำร้อน ถ้ามีเกลือของโซเดียมแคปตาและไอโอดต้า-คาร์ราจีแนนสามารถละลายได้ในน้ำเย็น ส่วนแลมดา-คาร์ราจีแนนจะละลายได้ในน้ำเย็นโดยไม่ขึ้นกับชนิดของไอออน อุณหภูมิที่ใช้ในการละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคาร์ราจีแนนและไอออนที่เกี่ยวข้อง (Imeson, 2000) โดยคาร์ราจีแนนชนิดแคปตาและไอโอดต้าต้องใช้อุณหภูมิในการละลายมากกว่า 70 องศาเซลเซียส นอกจากนี้คาร์ราจีแนนทุกชนิดจะไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น แอลกอฮอล์และโพรพิลีนไกลคอล เป็นต้น

สมบัติด้านความหนืดและการทำให้เกิดเจลของคาร์ราจีแนนชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันเช่น แคปตา-คาร์ราจีแนนให้เจลที่แข็งแรงเมื่อมีสารละลายโพแทสเซียมไอออน ในขณะที่ไอโอดต้าและแลมดา-คาร์ราจีแนน มีผลจากไอออนดังกล่าวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไอโอดต้า-คาร์ราจีแนนจะให้ เจลยืดหยุ่นอ่อนนุ่มเมื่อมีแคลเซียมไอออน แต่เกลือไม่ผลมีสมบัติต่อสมบัติของแลมดา-คาร์ราจีแนน คาร์ราจีแนนทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ณ อุณหภูมิสูงและ แคปตา ไอโอดต้า- คาร์ราจีแนน แสดงความหนืดของของไหลต่ำ เมื่อทำให้เย็นลง คาร์ราจีแนนจะเซตตัวระหว่าง 40-60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ gel texture ในช่วงหนึ่งๆ ขึ้นกับประจุบวกที่มีอยู่ (Imeson, 2000) สมบัติของไอโอดต้า-คาร์ราจีแนนแสดงในตารางที่ 4

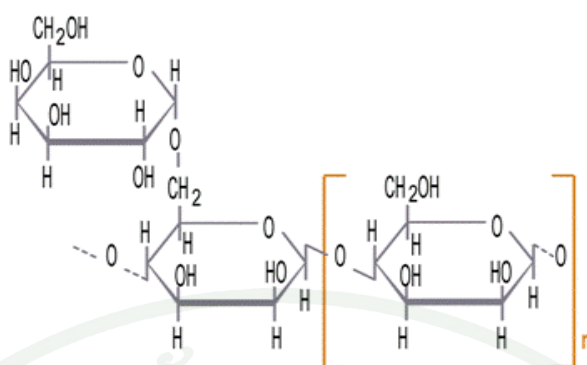
ตารางที่ 4 สมบัติของไอออตต้า-คาร์ราจีแนน

Iota-carrageenan	
<i>Solubility</i>	
Hot (80°C) water	Soluble
Cold (20°C) water	Na ⁺ salt soluble
	Ca ⁺⁺ salt gives
	Thixotropic sol
<i>Gelation</i>	
Effect of cations	Strongest gels with Ca ⁺⁺
Gel texture	Elastic
Synersis	No
Hysteresis	5-10°C
Freeze/thaw stable	Yes
Synergy with locust bean gum	No
Synergy with starch	Yes
<i>Salt tolerance</i>	Good
<i>Stability in acid</i>	Hydrolysis of solution, accelerated by heat
	Gels are stable

ที่มา: คัดแปลงจาก Imeson (2000)

4.3.3 โลคัสบีน กัม (locust bean gum)

โลคัสบีน กัม ไม่สามารถละลายได้ในน้ำเย็นต้องใช้ความร้อนช่วยในการละลาย จะให้สารละลายที่มีความหนืดสูงที่สุดเมื่อได้รับความร้อนสูงถึง 95 องศาเซลเซียส โครงสร้างของ โลคัสบีน กัม เป็นโพลิเมอร์สายยาวของแมนโนสที่ต่อกันด้วยพันธะ 1,4 และมีกิ่งแขนงของกาแลคโตสต่อกันด้วยพันธะ 1,6 อัตราส่วนของแมนโนสต่อกาแลคโตสเป็น 4:1 ดังภาพที่ 7 โดยลักษณะโครงสร้างเช่นนี้จึงทำให้โมเลกุลมีส่วนที่เป็นสายหลักของแมนโนสสลับกับส่วนที่เป็นกิ่งแขนง



ภาพที่ 7 โครงสร้างโมเลกุลของโลคัสปินกัม

ที่มา: Cargill (2007)

โลคัสปิน กัม ไม่สามารถเกิดเจลได้ แต่เมื่อผสมกับแซนแทนกัมหรือคาร์ราจีแนนชนิดแคปทาทำให้เกิดเจลได้ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเจลและลดการบีบของเหลวออกมา (syneresis) หน้าที่หลักของ โลคัสปิน กัม คือ เพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับอิมัลชัน ช่วยอุ้มน้ำและยับยั้งการบีบของเหลวออกมา (syneresis) ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ขนมหวาน เนยแข็ง ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์เนื้อ เป็นต้น

4.4 การใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูป

DeFreitas *et al.* (1997a) ได้ศึกษาผลของเกลือ สารฟอสเฟต คาร์ราจีแนนและ pH ต่อความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลายของไส้กรอกหมู พบว่า โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตสามารถลดค่า thaw drip ของไส้กรอกในสภาวะ pH สูง แคปทาและไอออตา-คาร์ราจีแนนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มความคงตัวในการแช่แข็งและการละลายของผลิตภัณฑ์ โดยคาร์ราจีแนนทั้ง 2 ชนิดนี้มีผลช่วยรักษาความชื้นของไส้กรอกหมูปรุงสุก โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต สูตรไส้กรอกที่ประกอบด้วยคาร์ราจีแนน ฟอสเฟตและเกลือโซเดียมคลอไรด์มีความเหมาะสมที่สุดในการรักษาความชื้นของผลิตภัณฑ์

Xiong *et al.* (1999) ศึกษาคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัสของไส้กรอกเนื้อไขมันต่ำโดยการเติมน้ำร้อยละ 23 เกลือร้อยละ 1 และ 2.5 พอลิแซ็กคาไรด์ร้อยละ 0.5 ปรับ pH เป็น 5.2, 5.6 และ 6.2 พบว่า ไส้กรอกเนื้อไขมันต่ำที่เติมไอออตาและแคปทา-คาร์ราจีแนนมีค่า ในกรอกไขมันต่ำที่เติมเกลือร้อยละ 2.5 ไส้กรอกที่เติมอัลจินต โลคัสปิน กัมและแซนแทนอ่อนนุ่ม

เสียรูปร่าง แตกหักและลื่นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกที่ไม่เติมกัม การทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าไม่มีเพียงแลมด้าและแคลปา-คาร์ราจีแนเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

Candogan and Kolsarici (2003a) ศึกษาผลของคาร์ราจีแน เข้มข้นร้อยละ 0.3, 0.5 และ 0.7 และคาร์ราจีแน เข้มข้นร้อยละ 0.3, 0.5 และ 0.7 ผสมเพคตินเจลร้อยละ 20 ต่อคุณลักษณะของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำเปรียบเทียบกับไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันสูงและไขมันต่ำชุดควบคุม พบว่า เมื่อความเข้มข้นของคาร์ราจีแนเพิ่มขึ้นค่า process yield และ emulsion stability มีค่าสูงขึ้น ส่วนค่า purge ลดลง นอกจากนี้ ความสามารถในการอุ้มน้ำของไส้กรอกไขมันต่ำที่เติมไฮโดรคอลลอยด์และเพคตินเจลมีค่าสูงกว่าไส้กรอกไขมันต่ำชุดควบคุม แต่น้อยกว่าไส้กรอกไขมันสูงชุดควบคุม เมื่อความเข้มข้นของคาร์ราจีแนในไส้กรอกสูตรไขมันต่ำเพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นและค่าการเจาะทะลุ (penetrometer) ลดลง

Candogan and Kolsarici (2003b) ศึกษาความคงตัวของไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ไขมันต่ำ (น้อยกว่าร้อยละ 3) ซึ่งเติมคาร์ราจีแน (ร้อยละ 0.3, 0.5 หรือ 0.7) และคาร์ราจีแน (ร้อยละ 0.3, 0.5 หรือ 0.7) ผสมเพคตินเจล (ร้อยละ 20) เก็บรักษาในตู้เย็น นาน 49 วัน พบว่า ไส้กรอกไขมันต่ำมีการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์สูงกว่าไส้กรอกไขมันสูง ซึ่งเป็นผลเนื่องจากน้ำที่ถูกเติมเพิ่มเข้าไปในสูตร ขณะที่ค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในไส้กรอกที่เติมคาร์ราจีแนและคาร์ราจีแน ผสมเพคตินเจล

Ayadi *et al.* (2009) ศึกษาผลของการเติมคาร์ราจีแนต่อคุณภาพของไส้กรอกจากเนื้อไก่พบว่า คาร์ราจีแนมีผลให้ค่า emulsion stability, water holding capacity, hardness และ cohesiveness เพิ่มขึ้น การเติมคาร์ราจีแนปริมาณต่ำ (ร้อยละ 0.2-0.5) ทำให้ความยืดหยุ่นของเจลเพิ่มขึ้น แต่การเติมคาร์ราจีแนในปริมาณสูงทำให้ไส้กรอกมีความยืดหยุ่นลดลง โดยที่คาร์ราจีแนไม่มีผลต่อรสของไส้กรอก

Hughes *et al.* (1997a) ศึกษาผลของระดับไขมัน (ร้อยละ 5, 12 และ 30) คาร์ราจีแน และโอตไฟเบอร์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ สีและกลิ่นรสของไส้กรอก พบว่า เมื่อปริมาณไขมันลดลงจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 5 ทำให้ cooking loss เพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำและความคงตัวของอิมัลชันลดลง ไส้กรอกไขมันต่ำมีค่าความเป็นสีแดงมากกว่าไส้กรอกชุดควบคุมที่เติมไขมันร้อยละ 30 การทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกพบว่าเมื่อไขมันลดลงทำให้ความเข้มของกลิ่นควัน เครื่องเทศ และความเค็มเพิ่มขึ้น แต่คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นรสลดลง

นอกจากนี้การเติมคาร์ราจีแนนหรือโอ้ตไฟเบอร์มีผลให้ค่า cooking loss ลดลง ค่า water holding capacity และ emulsion stability เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อสีและคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของไส้กรอก

Hughes *et al.* (1997b) ศึกษาผลของระดับไขมัน คาร์ราจีแนนและโอ้ตไฟเบอร์ต่อเนื้อสัมผัสของไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ พบว่า เมื่อระดับของไขมันลดลงจากร้อยละ 30 เหลือร้อยละ 5 มีผลให้ค่า hardness, adhesiveness, gumminess และ chewiness ลดลง แต่ค่า springiness เพิ่มขึ้น การเติมคาร์ราจีแนนและโอ้ตไฟเบอร์มีผลทำให้ค่า TPA ของไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเมื่อปริมาณไขมันลดลงจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 5 มีผลให้ค่า hardness, springiness cohesiveness, chewiness และ moisture release และ lumpiness เพิ่มขึ้น แต่การยอมรับโดยรวมลดลง การเติมคาร์ราจีแนนและโอ้ตไฟเบอร์ช่วยเพิ่มการยอมรับในไส้กรอกที่เติมไขมันร้อยละ 12 แต่ไม่มีผลต่อการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของไส้กรอกที่เติมไขมันร้อยละ 5

Mittal and Barbut (1993) ศึกษาผลของการเติมคาร์ราจีแนนและแซนแทนกัมต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ไขมันต่ำ พบว่า แซนแทนกัมช่วยเพิ่มความสว่าง (L) ในไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ไขมันต่ำ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสด้าน hardness, springiness และ chewiness มีค่าลดลงเมื่อเติมโอโอต้า-คาร์ราจีแนนร่วมกับแซนแทนกัม

Andres *et al.* (2006) ได้ศึกษาผลของการเติมโลคัสทีนกัมและแซนแทนกัมและใช้น้ำมันมะกอกทดแทนไขมันหมูต่อสมบัติของไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ไขมันต่ำ พบว่า การลดปริมาณไขมันจากร้อยละ 20 เหลือร้อยละ 12 และ 9 ตามลำดับ โดยใช้น้ำมันมะกอกทดแทนไขมันหมูร่วมกับการเติมโลคัสทีนกัมและแซนแทนกัมร้อยละ 0.5 และ 0.6 พบว่า การเติมโลคัสทีน กัม หรือแซนแทน กัม ในไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ทำให้ค่า water holding capacity เพิ่มขึ้นและค่า cooking loss ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ค่า process yield และ emulsion stability เพิ่มขึ้น ค่า jelly and fat separate ลดลง นอกจากนี้การลดไขมันทำให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นมากขึ้น ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสและคุณลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์ที่เติมโลคัสทีนกัมและแซนแทนกัมไม่มีความแตกต่างจากไส้กรอกชุดควบคุม

Luruena-Martinez *et al.* (2004) ศึกษาผลของการลดปริมาณไขมันในไส้กรอกแฟรงเฟอ์เตอร์จากร้อยละ 20 เป็น 12 และ 9 โดยเติมโลคัสทีนกัม/แซนแทนร้อยละ 0.5 และ 0.6

ตามลำดับ เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกเฟรนช์เฟอเดอร์ พบว่าการเติมโดคัส บีนกัม/แซนแทน ทำให้ hydration/binding properties เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ค่า cooking loss ลดลงและช่วยเพิ่ม process yield ให้กับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้มีผลให้แบคทีเรียค่า emulsion stability เพิ่มขึ้นและค่า jelly and fat separate ลดลง

5. การแช่แข็งและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

การแช่แข็งเป็นการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารวิธีหนึ่ง โดยการลดอุณหภูมิของอาหารลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งและเก็บรักษาไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิไม่สูงกว่า -18 องศาเซลเซียส (Romans *et al.*, 1994) นอกจากนี้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นภายในผลิตภัณฑ์ทำให้น้ำที่เหลือที่ทำปฏิกิริยาที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียลดลง (Fellows, 2000) การแช่แข็งสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และชะลอการทำงานของเอนไซม์และปฏิกิริยาเคมีในอาหารได้ทำให้เก็บอาหารได้นาน สามารถรักษากลิ่นรส สี และคุณค่าทางอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

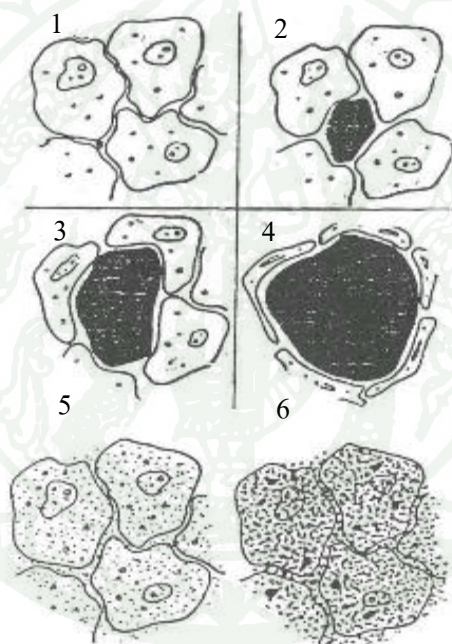
การเกิดผลึกน้ำแข็งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนต่อเนื่องกัน (Reid, 1994) คือ

1) การเกิดนิวเคลียส (nucleation) นิวเคลียสเป็นจุดเริ่มต้นของการแช่แข็งก่อให้เกิดนิวคลีโอ (nuclei) ขนาดเล็กๆ ซึ่งจะเป็นจุดศูนย์กลางของผลึกต่อไป นิวคลีโอมี 2 ลักษณะคือ โฮโมจีเนียส (homogeneous) จะเกิดขึ้นในระบบที่มีน้ำบริสุทธิ์ ซึ่งนิวเคลียสลักษณะนี้เกิดขึ้นได้น้อย ส่วนเฮเทอโรจีเนียส (heterogeneous) อนุภาคเล็กๆ ที่อยู่ในสารละลายจะกระทำตัวเป็นนิวคลีโอ แล้วเกิดผลึกขึ้น อนุภาคเหล่านี้ต้องมีโครงสร้างคล้ายกับผลึกที่เกิดจากน้ำแข็ง (Sahagian and Goff, 1996)

2) การโตของผลึก (propagation) นิวเคลียสน้ำแข็งเหล่านี้จะโตขึ้นเนื่องจากการรวมตัวของโมเลกุลน้ำกับนิวเคลียสน้ำแข็ง การเกิดผลึกน้ำแข็งในเนื้อสัตว์ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายที่เหลืออยู่สูงขึ้น จุดเยือกแข็งของส่วนที่ยังไม่แข็งตัวลดต่ำลง เนื้อสัตว์จึงมีจุดเยือกแข็งหลายจุด (รุ่งนภา, 2535)

ขนาดและจำนวนของผลึกน้ำแข็งขึ้นกับจำนวนนิวเคลียสน้ำแข็งเริ่มต้นในอาหาร ถ้าเกิดนิวคลีโอจำนวนเล็กน้อยจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ แต่ถ้าเกิดนิวคลีโอจำนวนมากจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวนมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการดึงความร้อนออกจากอาหาร ในการแช่แข็งอย่าง

รวดเร็วอัตราการดึงความร้อนจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดสภาพความเย็นยิ่งยวด กระตุ้นให้เกิดนิวเคลียสน้ำแข็งจำนวนมาก ผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กทั้งภายในและภายนอกเซลล์ (Bail, 2004) เนื้อสัตว์ที่ผ่านการแช่แข็งแบบนี้เมื่อนำมาละลายน้ำแข็งจะมีคุณภาพใกล้เคียงกับเนื้อสด ในขณะที่การแช่แข็งแบบช้านั้นอัตราการดึงความร้อนเป็นไปอย่างช้าๆ น้ำภายนอกเซลล์ซึ่งมีความเข้มข้นของตัวถูกละลายและไอออนเจือจางกว่าน้ำภายในเซลล์ ทำให้เกิดนิวเคลียสน้ำแข็งภายนอกเซลล์ก่อน นิวเคลียสน้ำแข็งเหล่านี้จะโตขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณน้ำอิสระ (water activity: a_w) ภายนอกเซลล์ลดลงต่ำกว่าภายในเซลล์ น้ำภายในเซลล์จึงแพร่ออกสู่ภายนอกเซลล์ (pseudoplasmosis) การแช่แข็งแบบช้าจึงมีผลึกน้ำแข็งภายนอกเซลล์ขนาดใหญ่ ซึ่งผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้นไปดันผนังเซลล์ทำให้ฉีกขาด เมื่อละลายน้ำแข็งจึงมีของเหลวออกมา (Devine, 1996) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะการเกิดผลึกน้ำแข็ง ลำดับที่ 1-4 เป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้าลำดับที่ 5-6 เป็นการแช่เยือกแข็งแบบเร็ว

ที่มา: Fennema (1975)

5.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารระหว่างการแช่แข็ง

ผลของการแช่แข็งต่อคุณภาพของอาหารคือ เกิดความเสียหายเนื่องจากผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการแช่แข็ง อุณหภูมิของตัวอย่าง และ

ลักษณะของเซลล์ อาหารที่ผ่านการแช่แข็งอย่างช้าๆ หลังการละลายน้ำแข็ง อาหารจะนิ่มและสารต่างๆ จะไหลออกจากเซลล์ที่เสียหาย (น้ำไหลซึม) ส่วนการแช่แข็งแบบเร็วผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กทั้งภายในเซลล์และในช่องว่างระหว่างเซลล์ จึงเกิดความเสียหายทางกายภาพเพียงเล็กน้อยและไม่เกิดความแตกต่างของความดัน เซลล์จึงสูญเสียรสน้ำน้อยมาก เนื้อสัมผัสดี

การเกิดผลึกของน้ำแข็งชักนำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีน โดยการเสียสภาพของโปรตีนเป็นการเปลี่ยนสภาพของโปรตีนมีผลให้สมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไปไม่สามารถแสดงสมบัติทางหน้าที่ได้ ซึ่งการเสียสภาพของโปรตีนเนื่องจากการแช่แข็งเป็นการเสียสภาพแบบผันกลับไม่ได้ (irreversible denaturation) คือ โปรตีนที่เสียสภาพไม่สามารถกลับสู่สภาพธรรมชาติได้ เนื่องจากได้รับสภาวะที่รุนแรงจนเกิดการทำลายพันธะโควาเลนต์ใน โมเลกุลของโปรตีน ส่งผลเสียต่อสมบัติทางหน้าที่สำคัญของโปรตีน เช่น ความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการเกิดอิมัลชัน

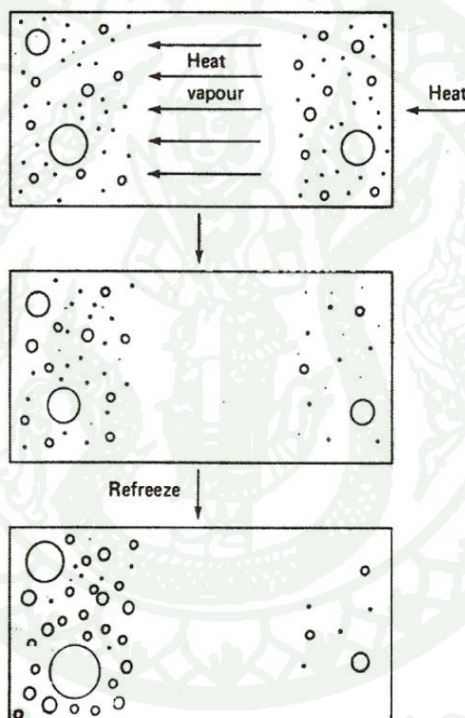
5.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษาอาหารแช่แข็ง ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางด้านเคมีและด้านกายภาพ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นรส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี และสารอาหารของผลิตภัณฑ์ การตกผลึกใหม่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลึกน้ำแข็ง เช่น ขนาด รูปร่าง จำนวน และการเรียงตัวของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่สม่ำเสมอ อุณหภูมิมีการขึ้นๆ ลงๆ (fluctuation) ระหว่างการเก็บรักษา เช่น การเปิดตู้หรือห้องเก็บสินค้าทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ใกล้กับประตูอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ผลึกน้ำแข็งละลายบางส่วน ผลึกที่ใหญ่จะมีขนาดเล็กลง ส่วนผลึกที่เล็กๆ ละลายหายไป ในที่สุด ผลึกน้ำแข็งที่ละลายอยู่นี้จะทำให้ความดันไอน้ำเพิ่มขึ้น ความชื้นเคลื่อนที่ไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำกว่า เป็นผลให้อาหารเกิดการสูญเสียน้ำ เมื่ออุณหภูมิลดลงไอน้ำจะไม่สร้างนิวเคลียสใหม่แต่จะเคลื่อนที่ไปรวมตัวกับผลึกที่มีอยู่แล้ว ทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดเป็นผลึกใหม่ขึ้นมา จำนวนผลึกภายในเซลล์จึงลดจำนวนลง กลไกการตกผลึกใหม่ในอาหารแช่แข็งแบ่งเป็น 3 ประเภท (Blond and Maste, 2004) ดังนี้

1. การตกผลึกใหม่แบบไอโซแมส (isomass recrystallization) เป็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของผิวหน้าหรือโครงสร้างภายใน มักทำให้อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรลดต่ำลง

2. การตกผลึกใหม่แบบอะครีทีฟ (accretive recrystallization) ผลึกน้ำแข็งที่ใกล้กัน
ค่อยๆ รวมตัวกันจนไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ทำให้เกิดผลึกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนและ
พื้นที่ผิวของผลึกน้ำแข็งในอาหารลดลง

3. การตกผลึกใหม่แบบไมเกรทอรี (migratory recrystallization) เป็นการเพิ่มขนาด
เฉลี่ยและลดจำนวนเฉลี่ยของผลึก โดยผลึกขนาดเล็กจะค่อยๆ สูญเสียความชุ่มชื้นให้กับผลึกที่มี
ขนาดใหญ่ จนในที่สุดจะสูญสลายไป ทำให้ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ขึ้นและมีจำนวนมากขึ้น ในขณะที่
ผลึกขนาดเล็กกว่ามีจำนวนน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การตกผลึกใหม่แบบไมเกรทอรี

ที่มา: Fellow (1998)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

- 1.1 เนื้อปลานวลจันทร์ ซื้อจากตลาดยิ่งเจริญ เขตสายไหม กรุงเทพฯ
- 1.2 แป้งมันสำปะหลัง ตรามังกรคู่
- 1.3 แป้งข้าวโพด ตราคอนอร์
- 1.4 โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolate :SPI)
- 1.5 เกลือตราปรุงทิพย์
- 1.6 น้ำตาลทรายตรามิตรผล
- 1.7 น้ำมันถั่วเหลืองตรางู่น
- 1.8 เครื่องเทศ ได้แก่ พริกไทยป่น กระเทียมผง ลูกจันทร์ผง ยี่หว่าผง

2. สารเคมี

- 2.1 แชนเทนกัม จากบริษัท Degussa Texturant System (Thailand) Ltd.
- 2.2 โลคัสปีนกัม จากบริษัท Degussa Texturant System (Thailand) Ltd
- 2.3 ไอออดี-คาร์ราจีแนน จากบริษัท FMC Chemical (Thailand) Ltd
- 2.4 โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (sodium tripolyphosphate: STPP)
- 2.5 เอทานอล
- 2.6 คลอโรฟอร์ม
- 2.7 กลูตาเมตอะซิติกแอซิด
- 2.8 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี
- 2.9 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3. อุปกรณ์ในการผลิตไส้กรอก

- 3.1 เครื่องบดเนื้อ (Food processor; CombiMax600, Braun, Germany)
- 3.2 เครื่องบรรจุไส้ (F.Dick sausage filler 2.5 L, Germany)

3.3 ไม้ตั้งเคราะห้เซลล์ทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร (Celpack, USA)

3.4 เทอร์มอมิเตอร์

3.5 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพ

4.1 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-500, Lloyd Instruments Ltd., UK) โดยมีหัวตัดใบมีดรูปตัววี ทำมุม 60° (Warner Blatzler Blade V-shape)

4.2 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-500, Lloyd Instruments Ltd., UK) โดยมีหัวกดทรงกระบอกตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร

4.3 เครื่องวิเคราะห์ความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid visco analyser model RVA 4D, Newport Scientific, Australia)

4.4 เครื่องหมุนเหวี่ยงควบคุมอุณหภูมิ (Kokusan H-80R, Japan)

4.5 เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบ Kjeldahl (Buchi distillation Unit B-324, Buchi, Switzerland)

4.6 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec Avanti 2050 automated extraction, Sweden)

4.7 เครื่องวิเคราะห์เส้นใย (Foss fibertec system M6 1020, Sweden)

4.8 ตู้อบลมร้อน (Binder, USA)

4.9 เตาเผา (Muffle, Stuart Scientific, England)

4.10 อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Mettler, Germany)

4.11 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Kokusan H-80R, Japan)

4.12 ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส (Binder, USA)

4.13 เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง

4.14 เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง

5. อุปกรณ์ในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

5.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

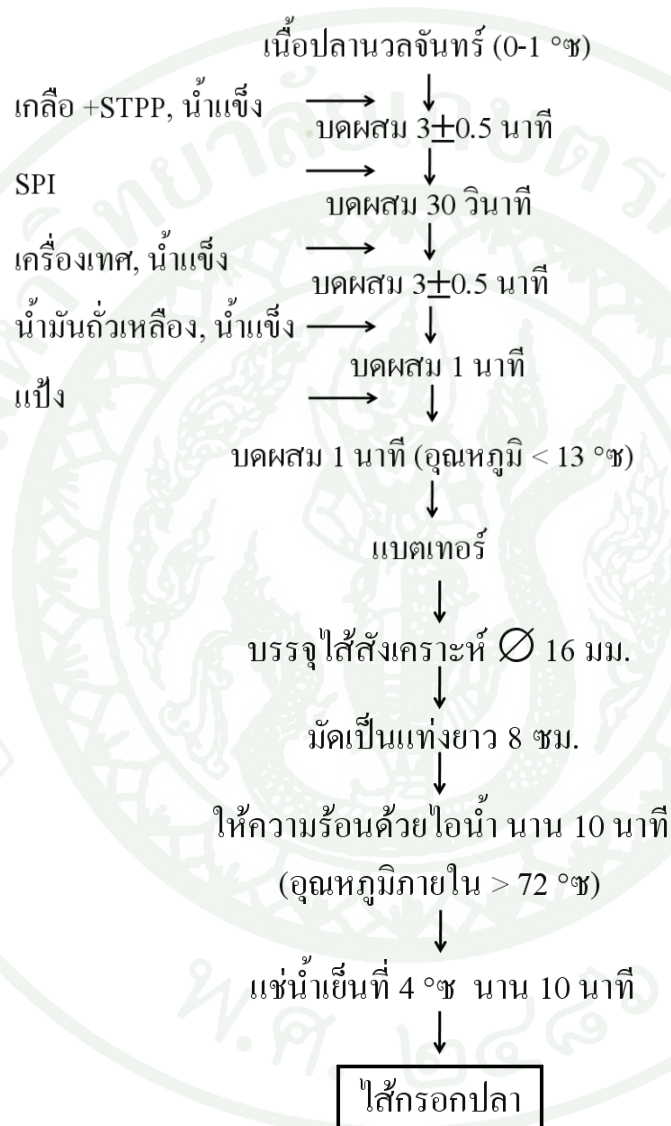
วิธีการ

1. การเปรียบเทียบคุณภาพของไส้กรอกปลาที่ใช้แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง

เปรียบเทียบสมบัติ pasting properties ของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง โดยเตรียมสารละลายแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 (w/w) โดยมีน้ำหนักสารละลายสุดท้ายเท่ากับ 28 กรัม โดยชั่งตัวอย่างแป้งที่ทราบความชื้นแล้วค่อยๆ เติมน้ำลงในน้ำที่ปราศจากอ็อกซิเจนซึ่งบรรจุใน RVA canister ปิดฝาที่มีใบพาย (paddle) นำสารละลายที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ pasting properties ใช้โปรแกรมของเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA 4D, Scientific Newport, Australia) วิเคราะห์ความหนืดของตัวอย่างทั้งหมด 2 ซ้ำ โดยใช้ profiles standard II (23 นาที) ความแปรปรวนของอุณหภูมิไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส เริ่มให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 95 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียสต่อนาที ควบคุมให้ระบบมีอุณหภูมิคงที่ที่ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงเป็น 50 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการลดลงของอุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียสต่อนาที แล้วให้ระบบมีอุณหภูมิคงที่ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที หยุดการทำงานที่ 23 นาทีและบันทึกค่า pasting properties ต่าง ๆ (Newport Scientific, 1995)

เตรียมไส้กรอกปลาด้วยสูตรพื้นฐานประกอบด้วยเนื้อปลานวลจันทร์ร้อยละ 60.35 แป้งร้อยละ 3.5 และส่วนประกอบอื่นๆ ได้แก่ น้ำแข็งเกล็ด เกลือ น้ำตาลทราย โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต (soy protein isolate: SPI) โซเดียมไตรพอลิฟอสเฟต (sodium tri polyphosphate: STPP) น้ำมันถั่วเหลืองและเครื่องเทศ (พริกไทยป่น กระเทียมผง ลูกจันทร์ผง ยี่หว่าผง) รวมร้อยละ 36.15 (ดัดแปลงจากศรีวิวัฒน์และเสาวภาคย์, 2549) โดยนำปลานวลจันทร์แล้วหั่นเฉพาะเนื้อปลาบรรจุถุงพลาสติกปิดผนึกแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาใช้เตรียมไส้กรอก นำเนื้อปลานวลจันทร์แช่แข็งละลายที่ตู้เย็น (4-7 องศาเซลเซียส) จนเนื้อปลามีอุณหภูมิ 0-1 องศาเซลเซียส มาผสมกับเกลือและโซเดียมไตรพอลิฟอสเฟตและน้ำแข็งเกล็ด (1 ใน 3) บดผสมให้ละเอียดนาน 3 ± 0.5 นาที ด้วยใช้เครื่องบดเนื้อโดยใช้ความเร็วสูงสุด (ระดับ 14) จากนั้นเติมโปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลตแล้วผสมต่อ 30 วินาที ก่อนเติมน้ำตาลทรายและเครื่องเทศ พร้อมน้ำแข็ง (1 ใน 3) ผสมนาน 3 ± 0.5 นาที จึงเติมน้ำมันถั่วเหลืองและน้ำแข็งส่วนสุดท้าย (1 ใน 3) ผสมได้ให้เข้ากันนาน 1 นาที จึงเติมน้ำมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวโพดและผสมต่อ 1 นาที โดยลดความเร็วให้อยู่ในระดับ 6 ทั้งนี้ต้องควบคุมอุณหภูมิของเบตเทอร์ไม่เกิน 13 องศาเซลเซียส นำเบตเทอร์ที่ได้วิเคราะห์คุณภาพดังข้อ 1.1 จากนั้นนำเบตเทอร์บรรจุในไส้สังเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตรมัดเป็น

ท่อน ขาวท่อนละ 8 เซนติเมตร ให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส 10 นาที ให้อุณหภูมิภายในจุดกึ่งกลางของไส้กรอกเท่ากับ 72 องศาเซลเซียส แล้วทำให้เย็นลงโดยแช่ในน้ำเย็น อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 10 นาที เก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 10) ก่อนวิเคราะห์คุณภาพ



ภาพที่ 10 แผนภูมิการเตรียมไส้กรอกปลา

การวิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกปลา

1.1 ค่า water holding capacity ของแบตเตอร์

การวิเคราะห์ค่า water holding capacity ของแบตเตอร์ ตามวิธีการของ Aktas and Genccelep (2006) โดยชั่งแบตเตอร์ 5 กรัม (W_0) ใส่หลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 50 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2000g นาน 10 นาที ควบคุมอุณหภูมิเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 15 องศาเซลเซียส แยกส่วนส่วนใสด้านบนออกแล้วชั่งน้ำหนักของแข็งที่เหลืออยู่ในหลอดเซนตริฟิวส์ (W_f) คำนวณค่า water holding capacity ดังสมการ (1) (Lin and Huang, 2003)

$$\text{WHC of raw batter} = \frac{(W_f - W_0)}{W_0} \quad (1)$$

1.2 ค่า process yield

การวิเคราะห์ค่า process yield คัดแปลงจากวิธีการของ Lurueña-Martínez *et al.* (2004) โดยชั่งน้ำหนักของไส้กรอกปลาก่อนการให้ความร้อน (W_0) และชั่งน้ำหนักอีกครั้งหลังแช่เย็นที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง (W_f) คำนวณค่า process yield ดังสมการ (2)

$$\text{Process yield (\%)} = \frac{W_f}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

1.3 ค่า water holding capacity ของไส้กรอก

นำไส้กรอกปลาที่เค็มเป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดตัดให้เป็นชิ้นขนาด 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม (W_0) ใส่ลงในหลอดเซนตริฟิวส์ จากนั้นนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 7500g นาน 30 นาที โดยควบคุมอุณหภูมิเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ 4 องศาเซลเซียส (Ayadi *et al.*, 2009, Verbeken *et al.*, 2005) แล้วนำตัวอย่างวางบนกระดาษซับ เพื่อซับน้ำที่ผิวหน้าตัวอย่างให้แห้ง ชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังซับแห้ง (W_f) คำนวณค่า water holding capacity ของไส้กรอกดังสมการ (3)

$$\text{WHC of sausage (\%)} = \frac{W_f}{W_0} \times 100 \quad (3)$$

1.4 ค่า cooking loss

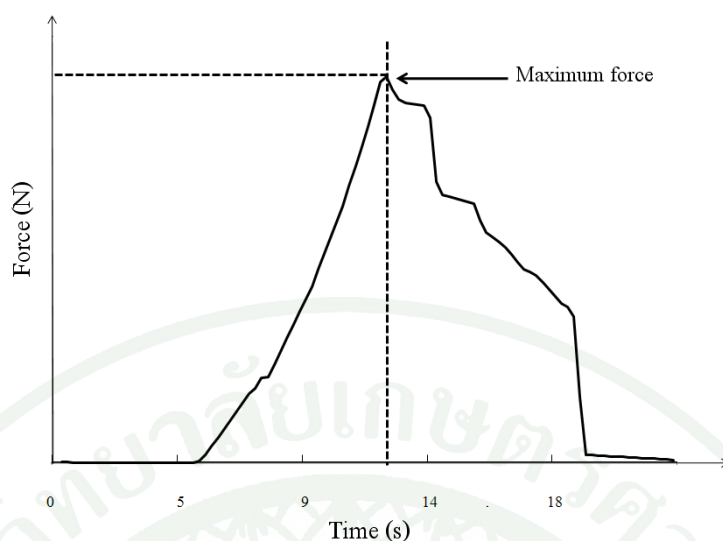
การวิเคราะห์ค่า cooking loss คัดแปลงจากวิธีของ Tan *et al.* (2006) โดยนำไส้กรอกปลาที่เก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้น (W_0) แล้วนำไปให้ความร้อนบนกระทะที่ปราศจากน้ำมันนาน 7-10 นาที จนกระทั่งอุณหภูมิภายในไส้กรอกมากกว่าหรือเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส จากนั้นชั่งน้ำหนักไส้กรอกปลาหลังการให้ความร้อน (W_p) คำนวณหา cooking loss ดังสมการ (4)

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{(W_0 - W_p)}{W_0} \times 100 \quad (4)$$

1.5 คุณภาพเนื้อสัมผัส

1.5.1 ค่า shear force

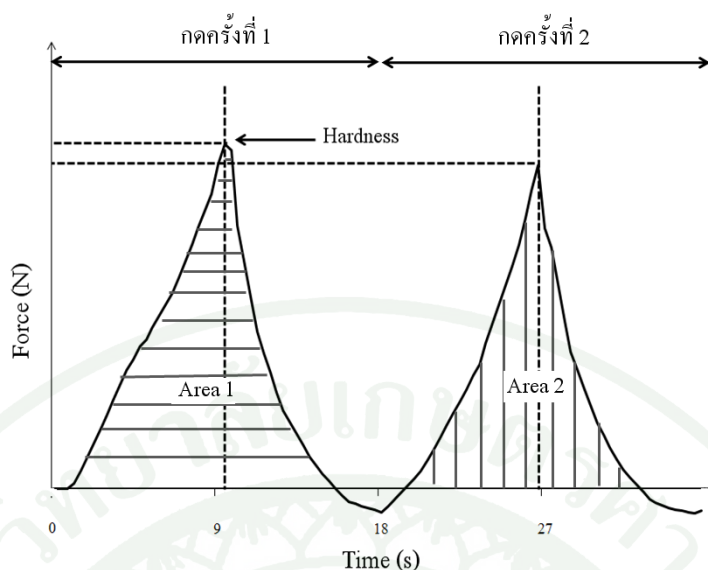
ไส้กรอกปลาวางที่อุณหภูมิห้อง (อย่างน้อย 1 ชั่วโมง) ตัดไส้กรอกเป็นทรงกระบอกยาว 30 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร โดยเลือกตัดบริเวณส่วนกลางขึ้น แล้ววัดค่า shear force ด้วย Warner-Bratzler shear cell ใบมีดรูปตัววี (V shape) ทำมุม 60° ด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-500, Lloyd Instruments Ltd., UK) ความเร็วใบมีดเท่ากับ 100 มิลลิเมตร/นาที ค่า shear force อ่านจากค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดตัวอย่างให้ขาดหน่วยเป็นนิวตัน (Cofrades *et al.*, 2000) ดังภาพที่ 11 ทำการวัดอย่างน้อยละ 3 ชิ้นต่อตัวอย่าง



ภาพที่ 11 การวิเคราะห์ค่า shear force ของไส้กรอกปลา

1.5.2 ค่า texture profile analysis (TPA)

ไส้กรอกปลานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร วางไว้ ณ อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง ตัดให้ยาว 15 มิลลิเมตร วัดเนื้อสัมผัส TPA ของไส้กรอกปลาด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TA-500, Lloyd Instruments Ltd., UK) ด้วย double compression ด้วยหัววัด (อะลูมิเนียมทรงกระบอกตัน) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ความเร็วเท่ากับ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที กดไส้กรอกที่วางในแนวตั้งให้ยุบตัวลงร้อยละ 30 ของความสูงเริ่มต้น (ดัดแปลงจาก Pongsawatmanit *et al.*, 2007) วัดอย่างน้อย 5 ชิ้นต่อตัวอย่าง ประมวลผลโดยโปรแกรม NEXYGEN™ (Ametek, Inc., UK) รายงานผล hardness, cohesiveness และ gumminess จากกราฟ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 การวิเคราะห์ค่า texture profile analysis ของไส้กรอกปลา

โดย	Hardness	หมายถึง แรงสูงสุดที่ใช้ในการกดครั้งแรก
	Cohesiveness	หมายถึง อัตราส่วนของแรงระหว่างการกดครั้งที่ 2 จากจุดเดิมที่กดครั้งแรก (Area2/Area 1)
	Gumminess	หมายถึง $\text{hardness} \times (\text{Area2}/\text{Area1})$ หรือ $\text{hardness} \times \text{cohesiveness}$

1.6 คุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

ไส้กรอกปลาล้างการเตรียมเสร็จแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 คืน นำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ด้วยการนึ่งนาน 10 นาที (อุณหภูมิของภายในของไส้กรอกเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส) จากนั้นตัดไส้กรอกเป็นชิ้นหนา 15 มิลลิเมตร เสิร์ฟขณะร้อนภายใน 30 นาที ให้รหัสสุ่มและลำดับการเสิร์ฟ โดยใช้ผู้ประเมินที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน มีอายุอยู่ในช่วง 15-40 ปี ให้คะแนนความชอบด้าน ลักษณะปรากฏ (appearance) สี (colour) ความน้ำ (juiciness) ความแน่นเนื้อ (firmness) ความนุ่ม (tenderness) และความชอบโดยรวม (overall liking) โดยใช้ hedonic scales 1-9 โดย 1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 5 = เฉยๆ และ 9 = ชอบมากที่สุด

2. การศึกษาผลของเป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาและไส้กรอกปลาแช่แข็ง

2.1 การศึกษาผลของเป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลา

เตรียมไส้กรอกปลาโดยเติมเป้งมันสำปะหลังอัตราส่วนร้อยละ 3.5, 7.0, 10.5 และ 14.0 ทดแทนเนื้อปลานวลจันทร์ ตามขั้นตอนในข้อ 1 โดยใช้เป้งมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นทดแทนเนื้อปลาสด แล้วบรรจุถุงพลาสติกขนาด 3x10 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งไส้กรอกเป็น 2 ส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส อีกส่วนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อศึกษาความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลาย (freeze-thaw stability) และวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้ แบคทีเรียที่ได้วิเคราะห์หาค่า water holding capacity ของแบคทีเรียและค่า process yield ตามวิธีในข้อ 1.1-1.2 ส่วนไส้กรอกปลาที่มีเป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นต่างๆ เก็บในห้องเย็น 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน วิเคราะห์ค่า water holding capacity ของไส้กรอกตามวิธีในข้อ 1.3 ค่า cooking loss ตามวิธีในข้อ 1.4 คุณภาพเนื้อสัมผัส ตามวิธีในข้อ 1.5 และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีในข้อ 1.6

2.2 การศึกษาผลของเป้งมันสำปะหลังต่อความคงตัวด้านการแช่แข็งและละลายของไส้กรอกปลา

ไส้กรอกปลาจากข้อ 2.1 ที่แช่แข็ง (-20 องศาเซลเซียส) นาน 22 ชั่วโมง นำมาละลายที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นแช่แข็งและละลายจนครบ 9 วงจร สุ่มตัวอย่างไส้กรอกปลาที่วงจร 3, 6 และ 9 ตรวจวัดคุณภาพของไส้กรอกปลาที่ผ่านการแช่แข็งและละลายดังนี้

2.2.1 ค่า drip loss

ชั่งน้ำหนักเริ่มต้นของไส้กรอกปลาที่มีเป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นต่างๆ พร้อมถุงพลาสติกที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำไส้กรอกปลาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง จนน้ำแข็งละลายหมด (ไส้กรอกนึ่งทั่วทั้งชิ้น) ชั่งน้ำหนักไส้กรอกหลังซับน้ำที่ผิวหน้าไส้กรอกออกด้วยกระดาษซับ คำนวณค่า drip loss ดังสมการ (5)

$$\text{Drip loss (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักก่อนการละลาย} - \text{น้ำหนักหลังการละลาย})}{\text{น้ำหนักก่อนการละลาย}} \times 100 \quad (5)$$

2.2.2 ค่า cooking loss

ใส่กรอกปลาจากแต่ละวงจรแช่แข็งและละลายที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำแข็งละลายหมด (ใส่กรอกนึ่งทั่วทั้งชิ้น) แล้วนำไปให้ความร้อนบนกระทะร้อนและวิเคราะห์ค่า cooking loss ตามวิธีในข้อ 1.4

2.2.3 คุณภาพเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์ค่า Shear force และ TPA ตามวิธีในข้อ 1.5 นำใส่กรอกปลา (เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร) ที่ละลายน้ำแข็งแล้ววางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) นาน 1 ชั่วโมง ตัดให้ยาว 30 และ 15 มิลลิเมตรเพื่อวัดค่า Shear force และ TPA ตามลำดับ

3. การศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของใส่กรอกปลาและใส่กรอกปลาแช่แข็ง

3.1 การศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของใส่กรอกปลา

เตรียมใส่กรอกปลาตามวิธีในข้อ 1 โดยใช้สูตรที่มีแป้งมันสำปะหลังและเนื้อปลาตามผลการทดลองในข้อ 2 และเติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด คือ แชนแทนกัม (Xan) แชนแทน/โลคัส บีน กัม (อัตราส่วน 1:1) (Xan/LBG, 1:1) และไอโอดีน-คาร์ราจีแนน (i-cgn) ร้อยละ 0.25 แทนที่เนื้อปลาสด แล้วบรรจุถุงพลาสติกขนาด 3x10 เซนติเมตร จากนั้นแบ่งใส่กรอกเป็น 2 ส่วนหนึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส อีกส่วนเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อศึกษาความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลาย (freeze-thaw stability) และวิเคราะห์คุณภาพดังต่อไปนี้ แบคทีเรียที่ได้ วิเคราะห์หาค่า water holding capacity ของแบคทีเรียและค่า process yield ตามวิธีในข้อ 1.1-1.2 ส่วนใส่กรอกปลาที่มีเติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ เก็บในช่องเย็น 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ วิเคราะห์ค่า water holding capacity ของใส่กรอกตามวิธีในข้อ 1.3 ค่า cooking loss ตามวิธีในข้อ 1.4 คุณภาพเนื้อสัมผัส ตามวิธีในข้อ 1.5 และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีในข้อ 1.6

3.2 ผลของการแช่แข็งและละลายต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาแช่แข็งที่มีและไม่มีไฮโดรคอลลอยด์

ไส้กรอกปลาที่เติม Xan, Xan/LBG (1:1) และ i-cgn ร้อยละ 0.25 แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 22 ชั่วโมง แล้วนำมาละลายที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นแช่แข็งและละลายจนครบ 9 วงจร โดยสุ่มตัวอย่างไส้กรอกที่วงจร 3, 6 และ 9 วิเคราะห์คุณภาพของไส้กรอกหลังการละลายดังนี้ ค่า drip loss ตามวิธีในข้อ 2.2.1 ค่า cooking loss ตามวิธีในข้อ 2.2.2 คุณภาพเนื้อสัมผัส ตามวิธีในข้อ 2.2.3 และคุณภาพทางประสาทสัมผัสหลังแช่แข็งและละลายครบ 9 วงจร โดยนำไส้กรอกปลาแช่แข็งละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมงจนน้ำแข็งละลายหมดแล้วประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสตามวิธีข้อ 1.6

3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ระหว่างการแช่แข็ง

เตรียมไส้กรอกปลาตามวิธีในข้อ 1 โดยเติมแป้งมันสำปะหลังตามผลการทดลองในข้อ 2 และเติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิดคือ Xan, Xan/LBG (1:1) และ i-cgn เข้มข้นร้อยละ 0.25 จากนั้นนำไส้กรอกปลาจำนวน 30 ชิ้น ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกขนาด 3x10 เซนติเมตร แช่แข็งและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน และสุ่มตัวอย่างตรวจวัดคุณภาพดังนี้ ค่า cooking loss ทุก 1.5 เดือน ตามวิธีในข้อ 2.2.2, ค่า drip loss ทุก 1.5 เดือน ตามวิธีในข้อ 2.2.1 คุณภาพของเนื้อสัมผัส ทุก 1.5 เดือน ตามวิธีในข้อ 2.2.3 วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ทุก 3 เดือน โดยนำไส้กรอกปลาแช่แข็งละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง แล้วใช้กรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อตัดตัวอย่างไส้กรอกแล้วชั่งน้ำหนัก 10 กรัมใส่ถุง stomacher ก่อนเท สารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 90 มิลลิลิตร เพื่อให้อาหารถูกเจือจางเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 10 แล้วนำไปผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง stomacher นาน 1 นาที จากนั้นทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าง ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเข้มข้น 1: 10 จำนวน 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดที่มีสารละลายบัฟเฟอร์จำนวน 9 มิลลิลิตร (ได้สารละลายตัวอย่างความเข้มข้น 1 : 100) ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่างจนได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับ หลังจากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่างในแต่ละระดับการเจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ในจานเพาะเชื้อโดยแต่ละอัตราส่วนให้ทำอย่างน้อย 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45-50 องศาเซลเซียสลงในจานเพาะเชื้อประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการเลื่อนจานเพาะเชื้อในแนวตั้ง แนวตามเข็มนาฬิกา แนวนอนและแนวทวนเข็มนาฬิกา แนวละ 5 ครั้ง แล้วทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งที่อุณหภูมิห้อง กลับจานเพาะเชื้อก่อนนำไปบ่มที่ตู้เพาะเชื้ออุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส นาน 48 ± 3 ชั่วโมง นับ

โคโลนีในงานเพาะเชื้อ โดยเลือกจากงานที่มีจำนวนโคโลนีประมาณ 25 - 250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ย
คำนวณเป็น log CFU/g

4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomization design: CRD) ทำการ
ทดลองอย่างน้อย 2 ซ้ำ สำหรับการเปรียบเทียบผลของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังต่อ
คุณภาพของไส้กรอกปลา วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test และการศึกษาผลของ
แป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย
ใช้ ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range
Test (DMRT) ด้วยโปรแกรม SPSS Version 15

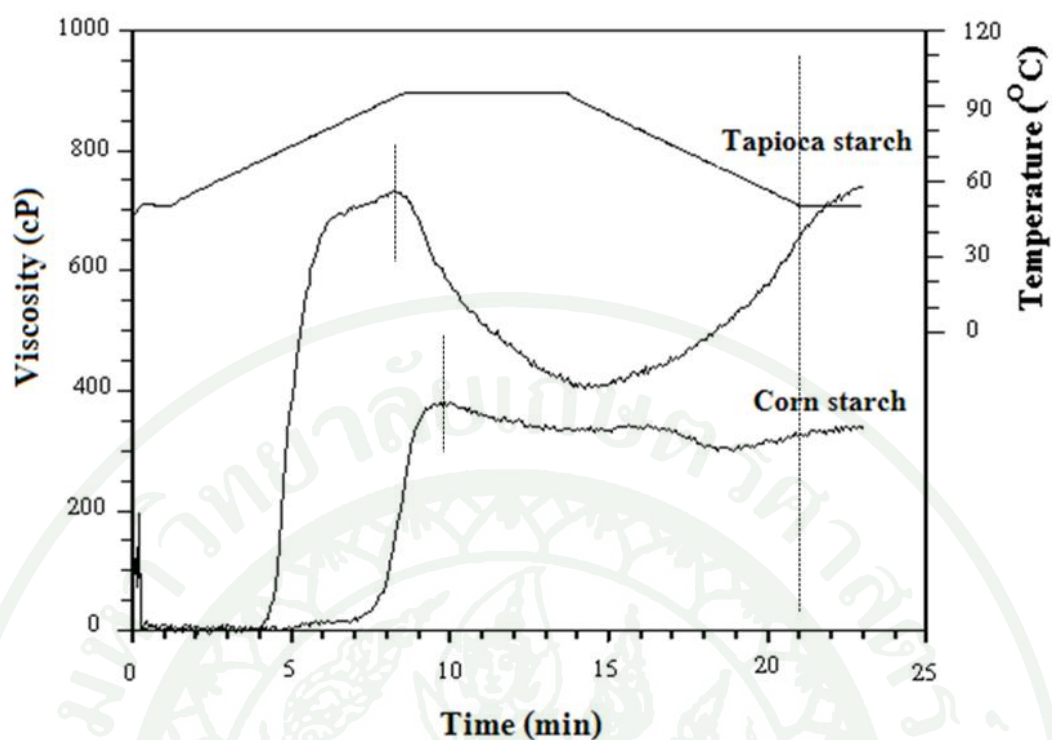
ผลและวิจารณ์

1. คุณภาพของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง

แป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังได้จากธัญพืชและพืชหัวตามลำดับ ให้สมบัติ RVA pasting properties ของแป้งร้อยละ 5 แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 13 pasting temperature เป็นอุณหภูมิที่เม็ดแป้งต้องการเพื่อให้เกิดการพองตัวของแป้งข้าวโพด (92.1 องศาเซลเซียส) สูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง (69.7 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, ตารางที่ 5) เนื่องจากแป้งจากพืชหัวใช้อุณหภูมิต่ำกว่าและสามารถเกิดเจลได้ในซีได้รวดเร็วแป้งจากธัญพืช (Waldt and Kehoe, 1959) แป้งข้าวโพด (9.83 นาที) มีค่า peak time มากกว่าแป้งมันสำปะหลัง (8.10 นาที) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, ตารางที่ 5)

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเม็ดแป้งจะพองตัวมากขึ้นทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น จนเม็ดแป้งพองตัวเต็มที่จนมีความหนืดสูงสุด (peak viscosity) หลังจากนั้นเมื่อได้รับความร้อนต่อไปเม็ดแป้งจะแตกออก โมเลกุลของอะไมโลสขนาดเล็กจะกระจายออกมา ทำให้ความหนืดลดลง (Mishra and Rai, 2006) แป้งข้าวโพดมีค่าความหนืดสูงสุด (380 cP) ต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง (735 cP) ($p < 0.05$, ตารางที่ 5) เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีกำลังการพองตัวต่ำ เป็นผลมาจากมีปริมาณอะไมโลสสูงถึงร้อยละ 28 ของน้ำหนักแห้ง ขณะที่แป้งมันสำปะหลังมีอะไมโลสต่ำเพียงร้อยละ 17 ของน้ำหนักแป้ง (Swinke, 1985) ซึ่งอะไมโลสทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรง จึงพองตัวได้น้อย

เมื่ออุณหภูมิลดลง โมเลกุลอะไมโลสที่อยู่ใกล้กันจะจัดเรียงใหม่ด้วยพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลเกิดเป็นร่างแหสามมิติ ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเป็นความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ซึ่งบอกถึงคุณภาพของแป้งและแสดงลักษณะผลิตภัณฑ์ที่เกิดเป็นเจลเมื่อผ่านการให้ความร้อนและเย็นตัวลง (Newport scientific, 1995) โดยความหนืดสุดท้ายของแป้งมันสำปะหลังสูง (736 cP) กว่าแป้งข้าวโพด (342 cP) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, ตารางที่ 5)



ภาพที่ 13 pasting properties ของแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นร้อยละ 5 จาก RVA

ตารางที่ 5 อุณหภูมิที่เม็ดแป้งเริ่มพองตัว (pasting temperature) เวลาในการเกิดความหนืด (peak time) ความหนืดสูงสุด (peak viscosity) และความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของ เจลแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง

	Pasting Temperature (°C)	Peak time (min)	Peak viscosity (cP)	Final Viscosity (cP)
แป้งข้าวโพด	92.1±0.28a	9.8±0.1a	380±0.7b	342.00±2.83b
แป้งมันสำปะหลัง	69.7±0.25b	8.1±0.1b	735±2.8a	736.50±2.12a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการเปรียบเทียบคุณภาพของเบตเทอร์และไส้กรอกปลาที่เติมข้าวโพดกับแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วนร้อยละ 3.5 แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 คุณภาพของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5

คุณภาพ	แป้งข้าวโพด	แป้งมันสำปะหลัง
<i>WHC of batters (g H₂O /g meat)</i>	0.074±0.007a	0.071±0.005a
<i>Process yield (%)</i>	97.2±0.2a	97.0±0.3a
<i>WHC of cooked sausage (%)</i>	96.3±1.64b	97.6±1.32a
<i>Cooking loss (%)</i>	12.2± 0.20a	10.8±0.14b
คุณภาพเนื้อสัมผัส		
- Shear force (N)	7.99±0.18a	8.02±0.40a
- Hardness (N)	6.51±0.44a	6.43±0.64a
- Cohesiveness	0.55±0.04a	0.55±0.05a
- Gumminess (N)	3.58±0.31a	3.55±0.47a
คุณภาพทางประสาทสัมผัส		
- ลักษณะปรากฏ	6.8±1.1a	7.0±0.8a
- สี	6.7±1.2a	6.9±0.9a
- ความฉ่ำ	6.9±1.2a	7.1±0.9a
- ความแน่นเนื้อ	7.0±1.3a	7.0±1.3a
- ความนุ่ม	7.2±1.2a	7.1±1.0a
- ความชอบโดยรวม	7.2±1.2a	7.1±0.7a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการจับน้ำของส่วนประกอบต่างๆ โดยเฉพาะโปรตีน โดยโมเลกุลของโปรตีนมีหมู่ที่เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและแป้งสามารถดูดซับน้ำได้ภายใต้สภาวะบรรยากาศห้อง (Leach, 1965) การเติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังไม่มีผลให้ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์แตกต่างกันทางสถิติ

($p \geq 0.05$) ในกรณีนี้เมื่อเปรียบเทียบผลการเติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังในไส้กรอกปลา ต่อค่า process yield พบว่าไส้กรอกปลาที่เติมแป้งทั้ง 2 ชนิดมีค่า process yield ประมาณร้อยละ 97 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ส่วนไส้กรอกปลาที่มีค่า water holding capacity สูงแสดงว่าความสามารถในการกักน้ำไว้ในผลิตภัณฑ์สูง ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพด ($p < 0.05$) เนื่องจากแป้งจากธัญพืชโครงสร้างที่หนาแน่นมากกว่าแป้งจากพืชหัว ส่งผลให้ดูดซับน้ำและพองตัวได้น้อยกว่า (Collison, 1968)

เมื่อพิจารณาค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพด มีค่า cooking loss (ร้อยละ 12.2) มากกว่าสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 10.8) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่า ทำให้สูญเสียของเหลวจากผลิตภัณฑ์หลังการหมუნเหวี่ยง ได้น้อยกว่าแป้งข้าวโพด (Mishra and Rai, 2006) สอดคล้องกับการทดลองของ Skrede (1989) ซึ่งพบว่าไส้กรอกที่เติมแป้งมันสำปะหลังมีค่า cooking loss น้อยกว่าไส้กรอกที่เติมแป้งข้าวโพด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าค่า shear force, hardness, cohesiveness และ gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Aktas (2006) ซึ่งพบว่า แรงเจาะทะลุ (penetrometer) ของไส้กรอกโบลิลูน่าที่เติมแป้งจากธัญพืช (แป้งข้าวโพด) ไม่แตกต่างจากไส้กรอกที่เติมแป้งจากพืชหัว (แป้งมันฝรั่ง)

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี ความจ๋า ความแน่นเนื้อ ความนุ่ม และความชอบโดยรวมของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง พบว่าคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สอดคล้องกับผลการทดสอบเนื้อสัมผัสของไส้กรอกซึ่งไม่พบความแตกต่างทางเนื้อสัมผัสระหว่างไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลัง (ตารางที่ 6)

2. ผลของความเข้มข้นแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาและไส้กรอกปลาแช่แข็ง

2.1 ผลของแป้งมันสำปะหลังต่อคุณภาพของไส้กรอกปลา

เมื่อพิจารณาค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5, 7, 10.5 และ 14 พบว่าค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ลดลงเมื่อปริมาณของแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมแป้งมันสำปะหลังมากกว่าร้อยละ 10.5 ($p < 0.05$, ตารางที่ 7) เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบในผลิตภัณฑ์ (Rakosky, 1988) ดังนั้นการเติมแป้งมันสำปะหลังเพื่อทดแทนเนื้อปลา ทำให้โปรตีนซึ่งทำหน้าที่จับน้ำมีปริมาณลดลง ส่งผลให้ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ลดลง แม้ว่าแป้งสามารถดูดซับน้ำได้ในสภาวะบรรยากาศห้อง แต่ในสภาวะที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาตินไนซ์ แป้งมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด (Skrede, 1989)

ตารางที่ 7 ค่า water holding capacity ของเบตเทอร์ที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ

ระดับแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ)	WHC of batters (g H ₂ O / g meat)
3.5	0.174±0.016a
7.0	0.159±0.013a
10.5	0.105±0.020b
14.0	0.089±0.012b

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า process yield, water holding capacity และ cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังระดับความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 8 พบว่าไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5-14 มีค่า process yield อยู่ในช่วงร้อยละ 97 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่า water holding capacity และ cooking loss ของไส้กรอกปลา พบว่าค่า water holding capacity ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามปริมาณแป้งมันสำปะหลัง ส่งผลให้ค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังมากกว่าร้อยละ 7 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 8 แสดงว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังช่วยให้ไส้กรอกปลาอุ้มน้ำได้มากขึ้นและการเติมแป้งมันสำปะหลังมากกว่าร้อยละ 7 ช่วยลด cooking loss ของไส้กรอกปลา เนื่องจากการให้ความร้อนเพื่อให้ไส้กรอกสุก เม็ดแป้งเกิดการเจลาติไนซ์สามารถอุ้มน้ำเอาไว้ภายในโครงสร้างได้มากขึ้น ทำให้น้ำไม่สูญเสียออกมาจากผลิตภัณฑ์ (Aktas, 2006) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Pietras (1999) พบว่าการเติมแป้งในผลิตภัณฑ์ comminuted scalded มีผลให้ค่า water holding capacity ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นและค่า cooking loss ลดลง Grananasambandam and Zayas (1992) พบว่าไส้กรอก แฟรงก์เฟอร์เตอร์ไขมันต่ำที่เติมแป้งชนิดต่างๆ มีค่า cooking loss ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับไส้กรอกสูตรควบคุมที่มีการเติมน้ำในปริมาณที่เท่ากัน นอกจากนี้ Hughes *et al.*, (1998) พบว่าไส้กรอก แฟรงก์เฟอร์เตอร์สูตรลดไขมันมีค่า cooking loss เพิ่มขึ้น แต่การเติมแป้งมันสำปะหลังและเวย์โปรตีน (whey protein) ช่วยลดค่า cooking loss ของไส้กรอก ทำให้น้ำหนักไส้กรอกสุกเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 ค่า process yield, water holding capacity และ cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ

แป้งมันสำปะหลัง (%)	Process yield (%)	WHC of sausages (%)	Cooking loss (%)
3.5	97.2±0.20a	96.5±0.26c	9.98±0.26a
7.0	97.3±0.07a	98.1±0.42b	8.91±0.38b
10.5	97.2±0.60a	98.7±0.13a	8.81±0.11b
14.0	97.4±0.28a	99.1±0.37a	8.79±0.14b

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คุณภาพเนื้อสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยพิจารณาจากค่า shear force, hardness, cohesiveness และ gumminess แสดงดังตารางที่ 9 Shear force เป็นแรงที่วัดความเหนียว (toughness) ของไส้กรอกโดยการตัดไส้กรอกให้ขาดออกจากกัน ด้วยใบมีดรูปตัววี (v-shape) ซึ่งเป็นการจำลองการกัดของฟันมนุษย์ (Bourne, 2002) จากการทดลองพบว่าไส้กรอกปลามีค่า shear force เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง แสดงว่าการเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังในสูตรการผลิตไส้กรอกปลาทำให้ต้องใช้แรงมากขึ้นเพื่อตัดตัวอย่างให้ขาด อย่างไรก็ตามไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.0 และ 10 มีค่า shear force ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$, ตารางที่ 9) Hardness เป็นค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการกดตัวอย่างครั้งแรก จากการทดลองพบว่าค่า hardness ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง โดยค่า hardness เพิ่มขึ้นจาก 7 เป็น 12 นิวตัน ในไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.4-14 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับเจลไส้กรอกปลา เนื่องจากเม็ดแป้งจะแทรกตัวอยู่ในโปรตีนเมทริกซ์ของเนื้อปลา เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เม็ดแป้งพองตัวและเกิดเป็นโครงสร้างที่เสริมความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหของโปรตีนในไส้กรอก (Colmenero *et al.*, 1996) สอดคล้องกับการทดลองของ Hugheg *et al.* (1998) พบว่าการเติมแป้งมีผลให้ค่า hardness, gumminess และ chewiness ของไส้กรอกเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.0 และ 10 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) Cohesiveness คืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใต้กราฟจากการกดครั้งที่ 2 และพื้นที่ใต้กราฟจากการกดครั้งที่ 1 (Borne, 2002) เป็นค่าที่แสดงความแข็งแรงของพันธะภายในที่เกิดขึ้นมาภายในตัวอย่าง ซึ่งทำให้ตัวอย่างทนทานต่อแรงที่มากจะทำให้เปลี่ยนรูปได้ระดับหนึ่ง จากการทดลองพบว่าไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5 – 14.0 มีค่า cohesiveness อยู่ในช่วง 0.56-0.58 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดย สอดคล้องกับการทดลองของ Hugheg *et al.* (1998) พบว่าการเติมแป้งไม่มีผลต่อค่า cohesiveness ของไส้กรอก Gumminess คือค่าพลังงานที่ใช้ในการทำให้อาหารกึ่งแข็งแตกแยกออกจากกัน สามารถคำนวณได้จาก hardness x cohesiveness จากการทดลองพบว่าค่า gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง โดยไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5 ถึง 14 มีค่า gumminess เพิ่มขึ้นจาก 4 ถึง 7 นิวตัน ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 7.0 และ 10.5 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สอดคล้องกับ hardness ของไส้กรอกปลาที่เพิ่มขึ้นเช่นกันเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 ค่า shear force และ TPA ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ

แป้งมันสำปะหลัง (%)	Shear force (N)	Hardness (N)	Cohesiveness (-)	Gumminess (N)
3.5	7.96±0.10c	6.95±0.45c	0.56±0.04a	3.87±0.38c
7.0	8.78±0.14b	8.44±0.23b	0.58±0.02a	4.86±0.21b
10.5	8.87±0.14b	8.96±0.49b	0.56±0.01a	5.04±0.20b
14.0	9.54±0.21a	11.5±0.48a	0.57±0.02a	6.58±0.27a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นต่างๆ แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5-14 ไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและสีของไส้กรอกปลา ($p \geq 0.05$) ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 7.0 - 7.2 และ 6.8-6.9 ตามลำดับ ส่วนคะแนนความชอบของไส้กรอกปลาด้านความนุ่ม ความแน่นเนื้อและความนุ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น ในขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5 ถึง 10.5 มีค่าสูงกว่าสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 14 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$, ตารางที่ 10) เนื่องจากการเพิ่มแป้งมันสำปะหลังมีผลให้ค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้น ทำให้คะแนนความชอบของไส้กรอกปลาในด้านดังกล่าวลดลง อย่างไรก็ตาม การเติมแป้งมันสำปะหลังในไส้กรอกปลาสูงถึงร้อยละ 10.5 ให้คะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากไส้กรอกปลาที่เตรียมจากสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5 และ 7.0 ($p \geq 0.05$, ตารางที่ 10) ใกล้เคียงกับการทดลองของ Annor-Frempong *et al.* (1996) ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชอบไส้กรอกสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 5.4 มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามสามารถเติมแป้งมันสำปะหลังในไส้กรอกได้สูงถึงร้อยละ 9 โดยที่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอก

ตารางที่ 10 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้น
ระดับต่างๆ

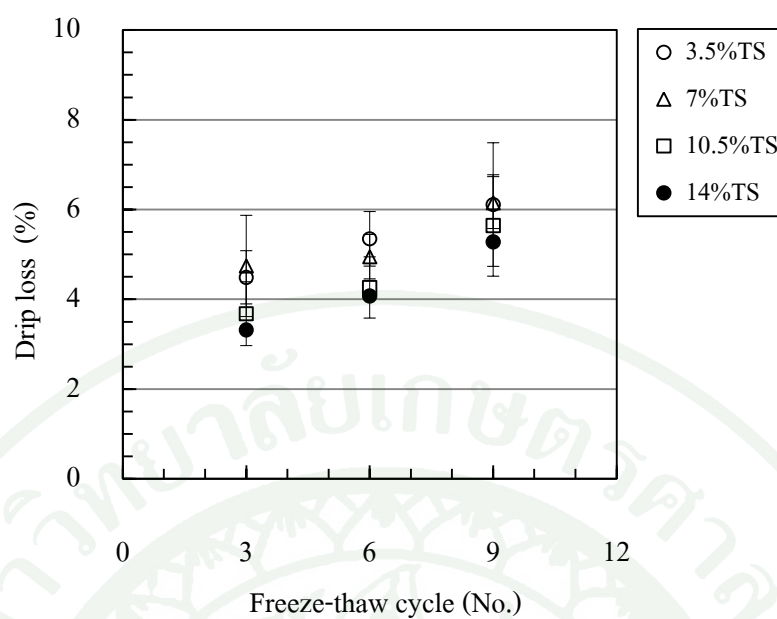
แป้งมัน สำปะหลัง (%)	ลักษณะ ปรากฏ	สี	ความฉ่ำ	ความแน่น เนื้อ	ความนุ่ม	ความชอบ โดยรวม
3.5	7.0±0.8a	6.9±0.9a	7.1±0.9a	7.0±1.3a	7.1±1.0a	7.1±0.7a
7.0	7.2±0.8a	6.9±1.2a	6.4±1.0b	6.6±1.1a	6.7±1.2ab	6.9±0.9a
10.5	7.1±0.9a	6.8±1.0a	6.3±1.0b	6.7±1.2a	6.4±1.4b	6.9±0.9a
14.0	7.1±0.8a	6.8±1.1a	5.3±1.2c	5.3±1.4b	5.4±1.2c	5.4±1.2b

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

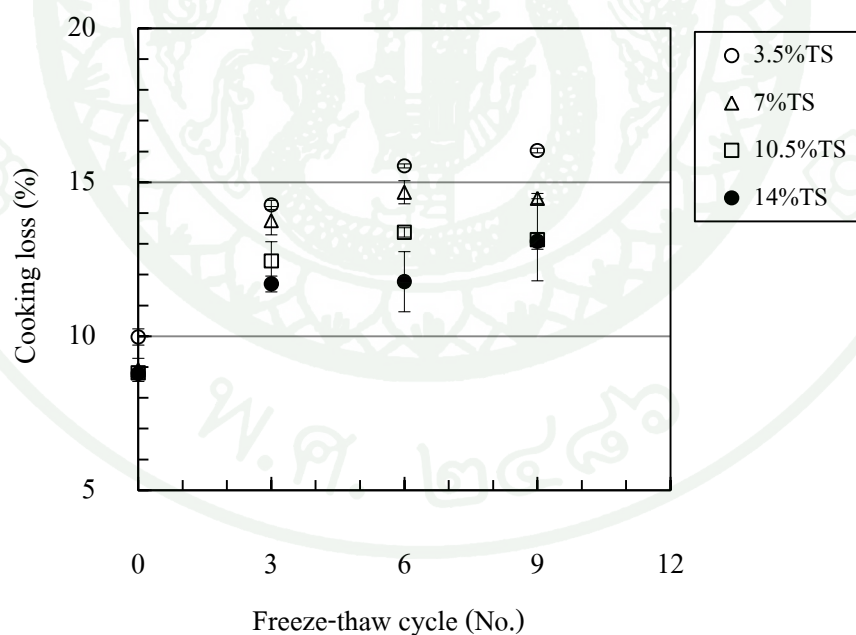
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2.2 ผลของแป้งมันสำปะหลังต่อสมบัติความคงตัวด้านการแช่แข็งและละลายของไส้กรอกปลา

ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นต่างๆ ผ่านการแช่แข็งและละลายจากวงจรต่างๆ สุ่มออกมาวิเคราะห์ค่า drip loss (ภาพที่ 14) และ cooking loss (ภาพที่ 15) พบว่า ค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นเมื่อวงจรการแช่แข็งและละลายเพิ่มขึ้น การเก็บผลิตภัณฑ์ในสภาวะแช่แข็งมีผลให้ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งเติบโตทำลายโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้สมบัติการอุ้มน้ำลดลง (Colmenero *et al.*, 1996) Yuan and Thomson (1998) กล่าวว่าเมื่อจำนวนรอบของการแช่แข็งและละลายที่เพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำแข็งใหญ่ขึ้นทำลายโครงสร้างของแป้ง โครงร่างแหของแป้งที่เรียงตัวกันแน่นทำให้น้ำแยกตัวออกมาได้ง่าย จึงเกิดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาที่วงจรการแช่แข็งและละลายเดียวกันพบว่าค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาลดลงเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังในสูตรเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่าแป้งมันสำปะหลังช่วยเพิ่มความคงตัวต่อการแช่แข็งและละลายของไส้กรอกปลา เนื่องจากแป้งมันสำปะหลังช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับปริมาณแป้งมันสำปะหลังและการจับตัวของแป้งที่เจลาติไนซ์กับน้ำในผลิตภัณฑ์ การเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5 และ 14 สามารถลด drip loss และ cooking loss ในไส้กรอกได้มากกว่าสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 3.5 และ 7 ($p < 0.05$, ภาพที่ 14 และ 15)



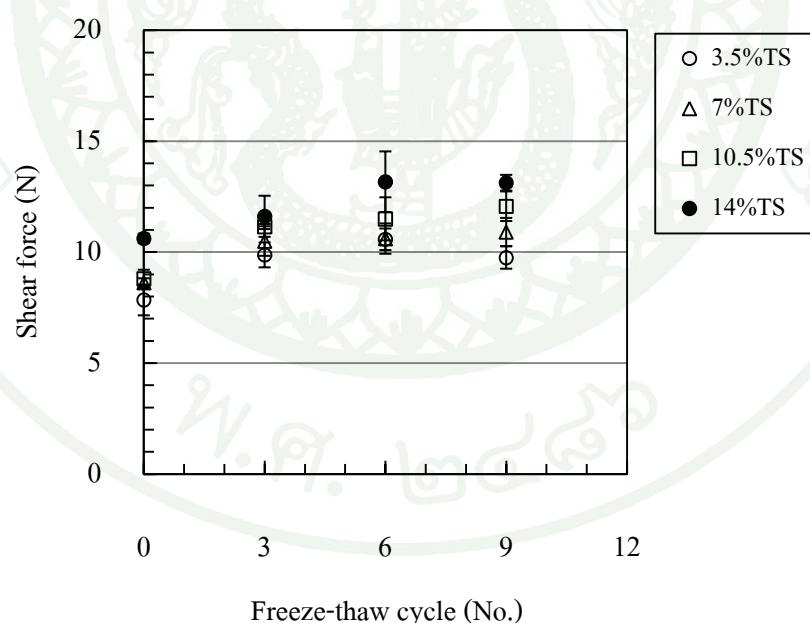
ภาพที่ 14 ค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร



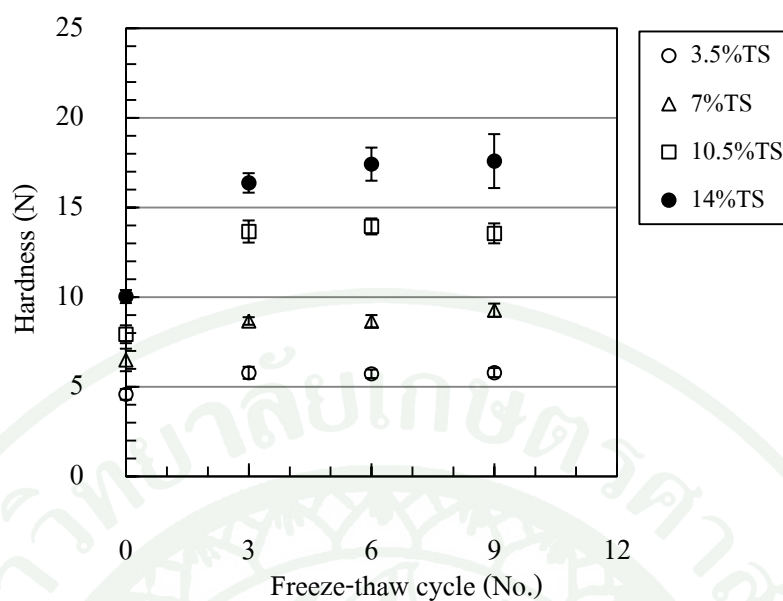
ภาพที่ 15 ค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร

การแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร มีผลให้ค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังระดับความเข้มข้นต่างๆ เปลี่ยนแปลงดังแสดงในภาพที่ 16, 17 และ 18 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า การแช่แข็งทำให้ไส้กรอกปลา มีเนื้อสัมผัสที่แน่นแข็งยิ่งขึ้น โดยการเติมแป้งมันสำปะหลังในระดับต่ำ (ร้อยละ 3.5 และ 7.0) มีผลให้ค่า hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาหลังการแช่แข็งและละลายเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ขณะที่ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังตั้งแต่ร้อยละ 10.5 ขึ้นไป ทำให้ค่าทั้งสองเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาที่วงจรการแช่แข็งและละลายเดียวกันพบว่าค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลัง

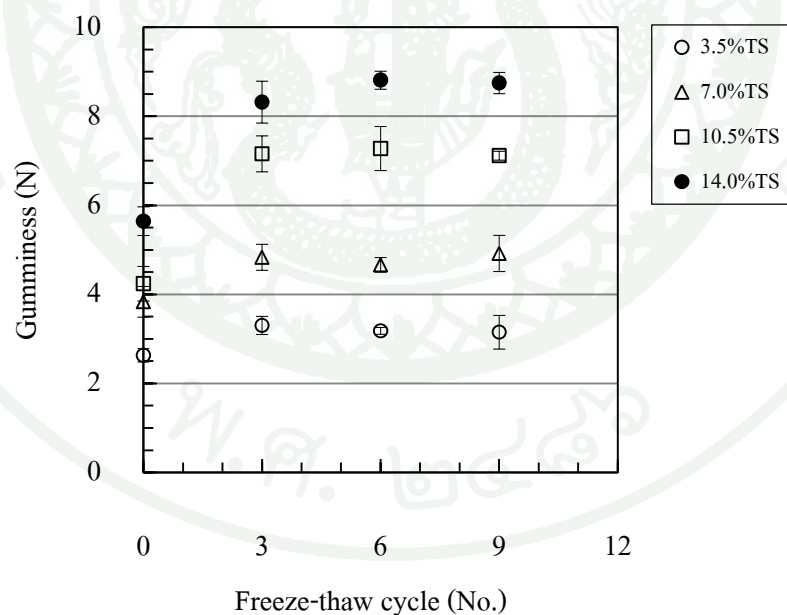
ดังนั้นในการทดลองที่จะใช้ไฮโดรคอลลอยด์ในสูตรจึงจะเลือกสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5 เนื่องจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสูตรที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 14 แม้ว่าการเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 14 จะให้ค่า drip loss และ cooking loss ต่ำกว่า



ภาพที่ 16 ค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและการละลาย 0-9 วงจร



ภาพที่ 17 ค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและการละลาย 0-9 วงจร



ภาพที่ 18 ค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังความเข้มข้นระดับต่างๆ หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและการละลาย 0-9 วงจร

3. ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลาและไส้กรอกปลาแช่แข็ง

3.1 ผลของไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณภาพของไส้กรอกปลา

แบคเทอร์ของไส้กรอกปลาสูตรที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ แชนแทนกัม (Xan) แชนแทน/โลกส์บินกัม (Xan/LBG) และไอออดี-คาร์ราจีแนน (i-cgn) ทุกชนิดมีค่า water holding capacity สูงกว่าแบคเทอร์สูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังตารางที่ 11 โดยค่า water holding capacity ของแบคเทอร์ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการจับน้ำในผลิตภัณฑ์ ทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกจากผลิตภัณฑ์ได้ยากขึ้นขณะหั่นหั่น (Luruen-Martinez *et al.*, 2004)

ตารางที่ 11 ค่า water holding capacity ของแบคเทอร์ที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25

ไฮโดรคอลลอยด์	WHC of batter (g H ₂ O/g batter)
Control	0.069±0.001b
แชนแทนกัม (Xan)	0.081±0.001a
แชนแทน/โลกส์บินกัม (Xan/LBG)	0.083±0.003a
ไอออดี-คาร์ราจีแนน (i-cgn)	0.083±0.003a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า water holding capacity และ process yield ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ทุกชนิดมากกว่าสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่งผลให้ไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่า cooking loss น้อยกว่าสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12 Garti and Aserin (1996) อธิบายว่า ปฏิกริยาระหว่างโปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างและความคงตัวของอาหารจำนวนมาก โดยต้องอยู่ในสภาวะที่จำเพาะเจาะจง เช่น มีอัตราส่วนระหว่างโปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์ ความเป็นกรดต่าง ความแรงของออสโมติก อุณหภูมิการผสมที่เหมาะสม โปรตีนและพอลิแซ็กคาไรด์สามารถเกิดเป็น

สายโซ่เชิงซ้อน (hybrid complex) ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนหรือพอลิแซ็กคาไรด์เพียงอย่างเดียว ซึ่งหมายความว่า การเติมไฮโดรคอลลอยด์ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีน ทำให้น้ำถูกปลดปล่อยออกมาในระหว่างการหมუნเหวี่ยงน้อยลง ค่า water holding capacity จึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ process yield เพิ่มขึ้นและ cooking loss ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Montero *et al.* (2000) พบว่าของเจลโปรตีนที่เติมโลคัสบีบีนกัมมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงที่สุด รองลงมาเป็นไอออดีต้า-คาร์ราจีแนนและแซนแทนกัม ตามลำดับ Ayadi *et al.* (2009) พบว่าการเติมคาร์ราจีแนนปริมาณต่ำ (ร้อยละ 0.2) ทำให้ค่า water holding capacity ของไส้กรอกไก่ทรงเพิ่มขึ้น DeFreitas *et al.* (1997) และ Xiong *et al.* (1999) พบว่า ไอออดีต้า-คาร์ราจีแนน ทำให้ค่า process yield ของไส้กรอกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ Luruena-Martínez *et al.* (2004) พบว่าการเติมแซนแทนกัม/โลคัสบีบีนกัมในไส้กรอกเฟรนช์เฟอว์เตอร์ไขมันต่ำ มีผลให้ค่า cooking loss ลดลงและค่า process yield เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 12 ค่า water holding capacity, process yield และ cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25

ไฮโดรคอลลอยด์	WHC of sausage (%)	Process yield (%)	Cooking loss (%)
Control	97.13±0.12a	96.05±0.56a	10.36±0.10a
Xan	98.63±0.42b	98.49±0.23b	8.16±0.16b
Xan/LBG	98.84±0.14b	98.56±0.12b	8.44±0.30b
i-cgn	99.01±0.02b	98.89±0.32b	8.25±0.14b

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การเติม Xan มีผลต่อค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เทียบกับตัวอย่างที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์และที่เติม i-cgn ($p < 0.05$) เนื่องจาก Xan ขัดขวางความสามารถในการเกิดเจลของไมโอไฟบริลลาโปรตีน ความแข็งแรงของเจลจึงลดลง (Montero *et al.*, 2000) Xiong *et al.* (1999) พบว่าการเติม Xan/LBG ทำให้ค่า hardness ของไส้กรอกลดลง ในขณะที่ i-cgn มีผลให้ค่า shear force, hardness และ

gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อาจเป็นผลจากการร่วจี้แน่นเกิด โครงร่างสามมิติร่วมกับโปรตีน ทำให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มขึ้น (Montero *et al.*, 2000) Defreitas *et al.* (1997) และ Ayadi *et al.* (2009) ซึ่งพบว่าไส้กรอกที่เติมคาร์ร่วจี้แน่น ชนิดแคปปา แลมด้าและไอออตัวมีค่า hardness มากกว่าไส้กรอกที่ไม่เติมคาร์ร่วจี้แน่น การเติมไฮโดรคอลลอยด์ ในไส้กรอกไม่ทำให้ค่า cohesiveness ของไส้กรอกปลาแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$, ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ค่า shear force และ TPA ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25

ไฮโดรคอลลอยด์	Shear force (N)	Hardness (N)	Cohesiveness (-)	Gumminess (N)
Control	7.28±0.05b	7.39±0.11b	0.53±0.03a	4.38±0.24b
Xan	6.26±0.40c	6.33±0.23c	0.53±0.03a	3.60±0.12c
Xan/LBG	6.51±0.24c	6.61±0.12c	0.52±0.04a	3.71±0.13c
i-cgn	7.96±0.07a	8.02±0.28a	0.53±0.02a	4.94±0.13a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติม Xan Xan/LBG (อัตราส่วน 1:1) และ i-cgn ร้อยละ 0.25 แสดงดังตารางที่ 14 พบว่า ลักษณะปรากฏ สี ความนุ่ม ความแน่นเนื้อและความชอบโดยรวมของไส้กรอกปลาที่เติมและไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีคะแนน ความชอบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านความนุ่มของไส้ กรอกปลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขึ้นอยู่กับชนิดของไฮโดรคอลลอยด์ โดยคะแนน ความชอบด้านความนุ่มของไส้กรอกปลาที่เติม Xan และ Xan/LBG มากกว่าสูตรที่ไม่เติมไฮโดร คอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจาก Xan และ Xan/LBG ทำให้ shear force hardness และ gumminess ลดลง ผลิตภัณฑ์ที่มีความนุ่มมากขึ้นจึงได้รับคะแนนความชอบสูงขึ้น สอดคล้องกับ Xiong *et al.* (1999) ซึ่งกล่าวว่าการเติมกัมมี่ที่ให้ความนุ่มของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ เป็นที่ถูกรู้ของผู้บริโภคมากขึ้น ขณะที่การเติม i-cgn มีผลให้ shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้น คะแนนความชอบด้านความนุ่มของไส้กรอกปลาจึงลดลง แต่

อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านความนุ่มของไส้กรอกปลาที่เติม i-cgn และไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

ตารางที่ 14 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25

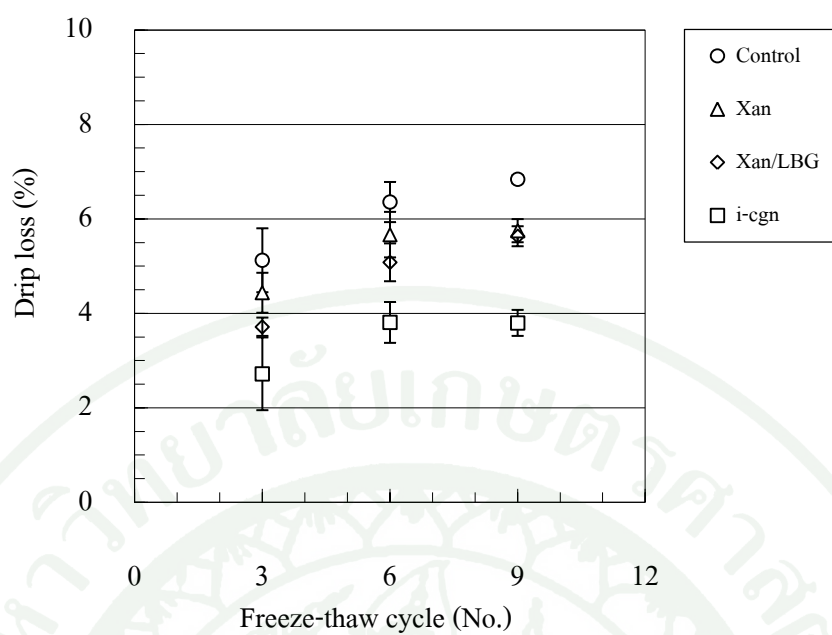
ไฮโดรคอลลอยด์	ลักษณะปรากฏ	สี	ความน้ำ	ความแน่นเนื้อ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
Control	7.0±1.0a	6.7±1.2a	6.4±1.3a	6.9±1.3a	6.4±1.1b	6.7±1.2a
Xan	7.0±1.1a	6.9±1.1a	6.6±1.2a	7.1±0.8a	7.0±1.1a	6.9±1.0a
Xan/LBG	6.7±1.1a	6.7±1.1a	6.7±1.0a	6.8±1.1a	6.9±1.1a	6.8±1.0a
i-cgn	7.0±1.3a	7.1±1.1a	6.8±1.1a	6.9±1.0a	6.7±1.3ab	7.0±1.1a

หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

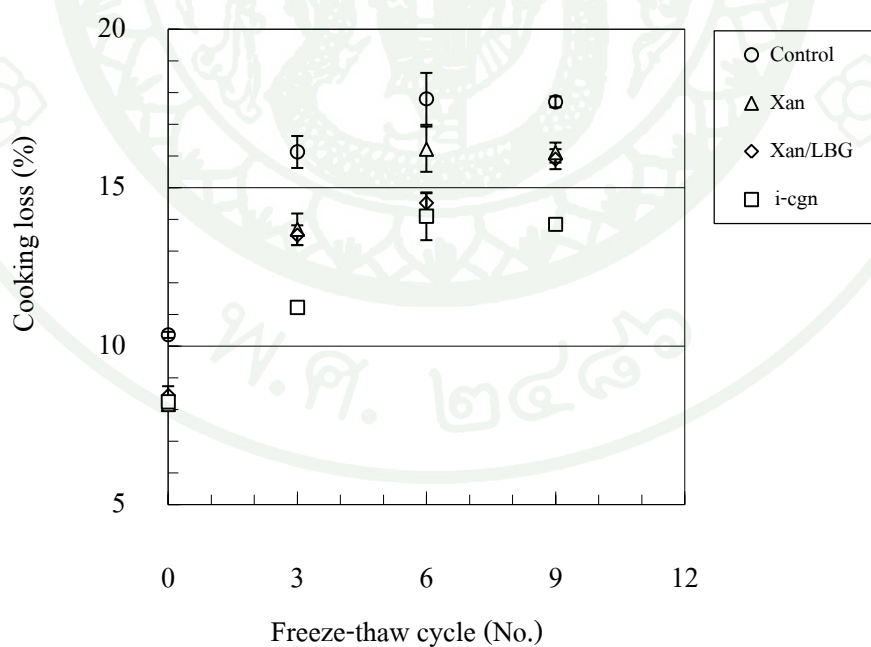
ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.2 ผลของการแช่แข็งและละลายต่อคุณภาพไส้กรอกปลาที่มีและไม่มีไฮโดรคอลลอยด์

การศึกษาผลของการแช่แข็งและละลายต่อคุณภาพไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ Xan, Xan/LBG และ i-cgn ร้อยละ 0.25 พบว่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นเมื่อวงจรในการแช่แข็งและละลายเพิ่มขึ้น โดยไส้กรอกปลาที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าการสูญเสียสูงที่สุด (ภาพที่ 19 และ 20 ตามลำดับ) ในทุกวงจรการแช่แข็งและละลาย เนื่องจากไฮโดรคอลลอยด์ป้องกันการเติบโตของผลึกน้ำแข็งจากการแช่แข็งซ้ำ โครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์ถูกทำลายน้อยลง การสูญเสียน้ำจึงน้อยลง (Lee *et al.*, 2002) เมื่อพิจารณาที่วงจรการแช่แข็งและละลายเดียวกันพบว่า ไส้กรอกปลาที่เติม i-cgn มีค่า drip loss และ cooking loss ต่ำที่สุด ในขณะที่ไส้กรอกที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าการสูญเสียสูงที่สุด

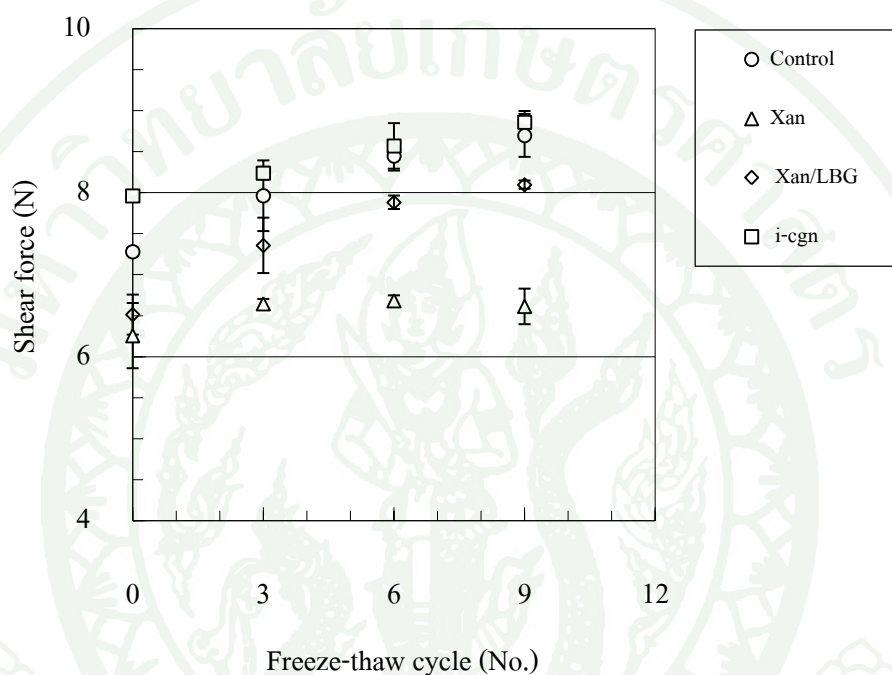


ภาพที่ 19 ค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร

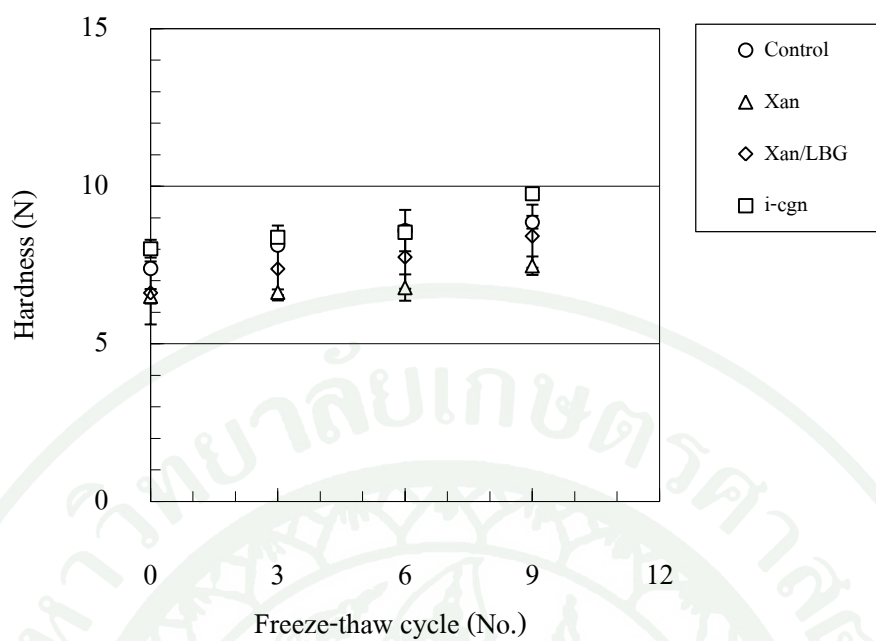


ภาพที่ 20 ค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร

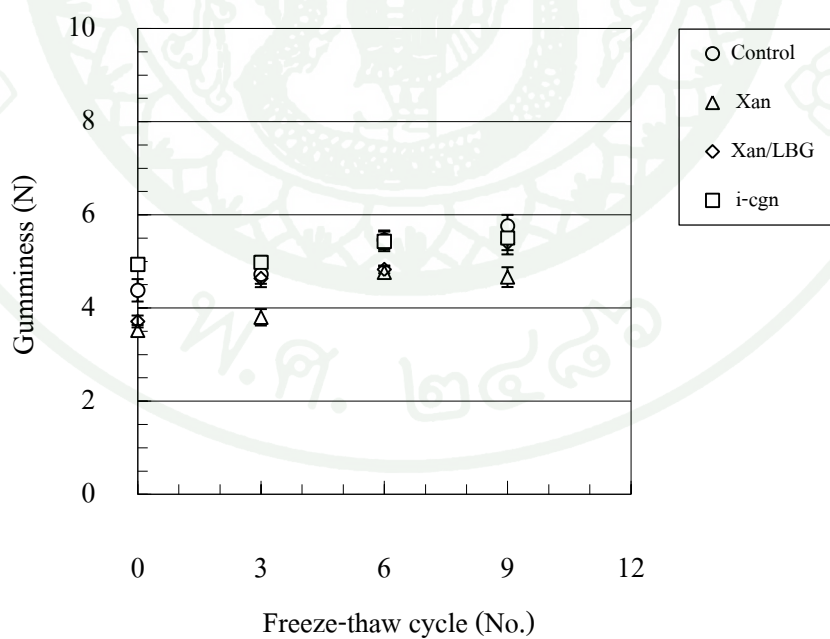
ค่า shear force , hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ Xan, Xan/LBG และ i-cgn ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลายแสดงใน ภาพที่ 21, 22 และ 23 ตามลำดับ พบว่าเมื่อวงจรการแช่แข็งและละลายเพิ่มขึ้นมีผลให้ค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาค่อยๆ เพิ่มขึ้น ไส้กรอกปลาที่เติม Xan มีค่าทั้ง สามค่าที่สุดในทุกวงจรการแช่แข็งและละลาย



ภาพที่ 21 ค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร



ภาพที่ 22 ค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่าน
วงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร



ภาพที่ 23 ค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังผ่าน
วงจรการแช่แข็งและละลาย 0-9 วงจร

การศึกษาผลของ Xan, Xan/LBG และ i-cgn ร้อยละ 0.25 ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาหลังการแช่แข็งและละลาย 9 วงจรแสดงในตารางที่ 15 พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สีและความแน่นเนื้อของไส้กรอกปลาที่เติมและไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีคะแนนความชอบด้านความนุ่มมากกว่าสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ($p < 0.05$) ผู้ทดสอบชอบสูตรที่เติม Xan มากที่สุด รองลงมาเป็น i-cgn, Xan/LBG และสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ตามลำดับ คะแนนความชอบด้านความนุ่มของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มากกว่าสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และความชอบโดยรวมของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์มีค่ามากกว่าไส้กรอกปลาสูตรที่ไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์ ($p < 0.05$) โดยไส้กรอกปลาสูตรที่เติม Xan และ i-cgn มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด ($p < 0.05$)

ตารางที่ 15 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 หลังการแช่แข็งและละลาย 9 วงจร

ไฮโดรคอลลอยด์	ลักษณะปรากฏ	สี	ความน้ำ	ความแน่นเนื้อ	ความนุ่ม	ความชอบโดยรวม
Control	6.8±1.0a	6.7±1.2a	5.5±1.7c	6.5±1.5a	6.1±1.7b	6.1±1.6c
Xan	7.2±0.7a	7.0±0.7a	7.3±1.0a	6.9±1.3a	7.5±1.1a	7.5±0.9a
Xan/LBG	6.9±1.0a	6.8±1.1a	6.1±1.5b	6.6±1.4a	6.9±0.9a	6.8±0.8b
i-cgn	6.9±1.2a	6.9±1.4a	6.3±1.7b	7.0±1.3a	7.1±1.2a	7.2±1.1ab

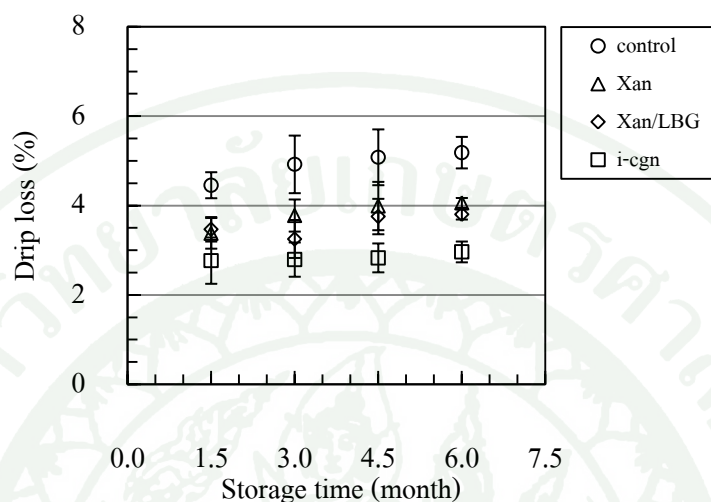
หมายเหตุ: ค่าที่แสดง หมายถึง ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวดิ่ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

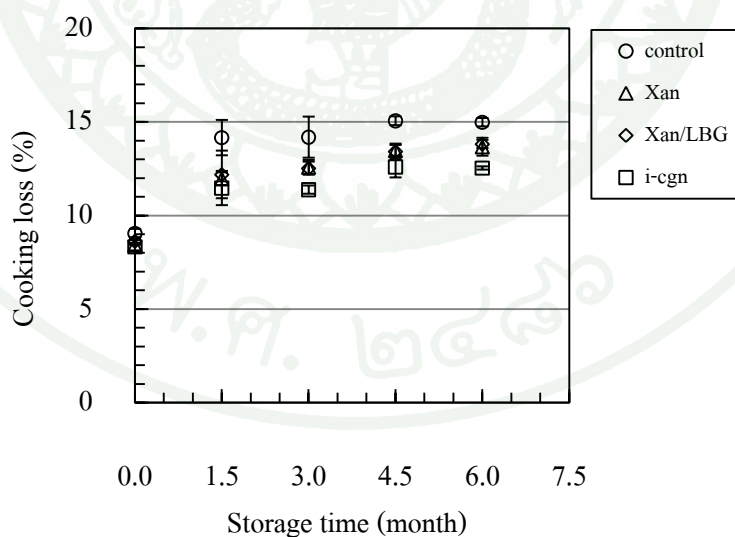
3.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ระหว่างการแช่แข็ง

จากการศึกษาผลของไฮโดรคอลลอยด์ 3 ชนิด ได้แก่ Xan, Xan/LBG และ i-cgn ร้อยละ 0.25 ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาแช่แข็งนานเวลา 6 เดือน พบว่า ค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาแช่แข็งที่เติมและไม่เติมไฮโดรคอลลอยด์

เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการแช่แข็งเพิ่มขึ้นดังแสดงในภาพที่ 24 และ 25 ตามลำดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ drip loss และ cooking loss สอดคล้องกับผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพแช่แข็งและละลาย (หัวข้อ 3.2)

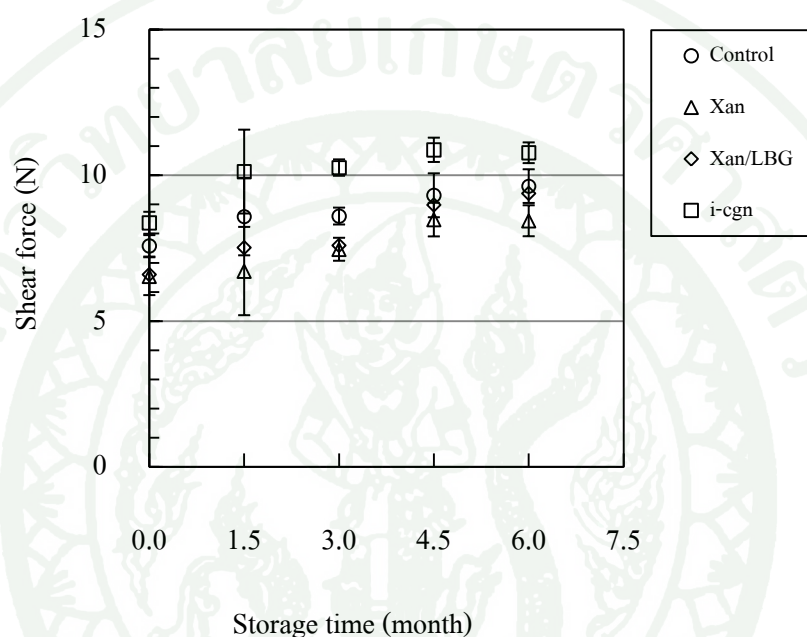


ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงค่า drip loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน

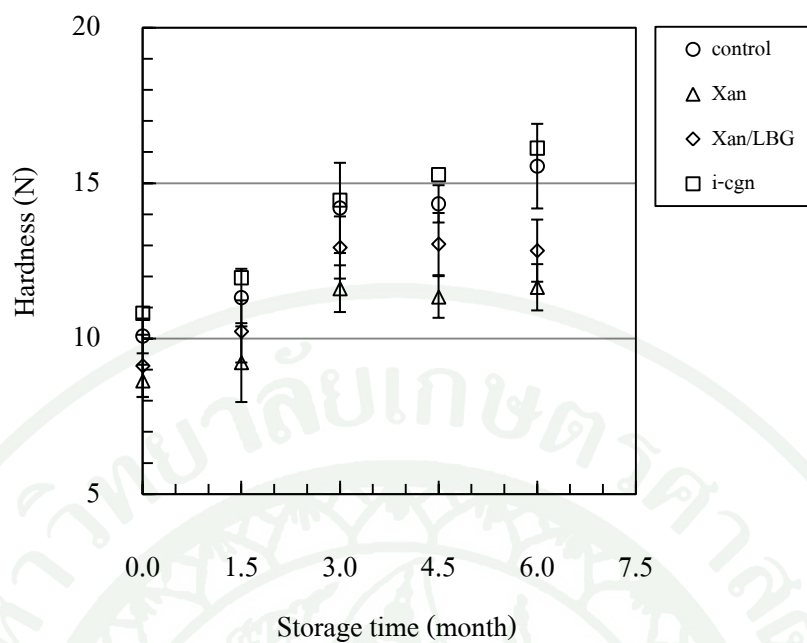


ภาพที่ 25 การเปลี่ยนแปลงค่า cooking loss ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน

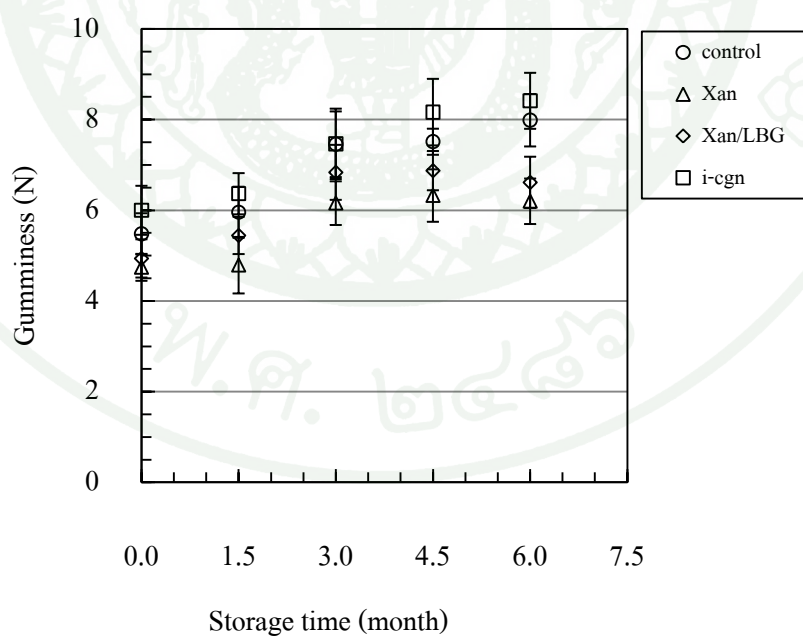
นอกจากนี้ค่า shear force (ภาพที่ 26) hardness (ภาพที่ 27) และ gumminess (ภาพที่ 28) ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการแช่แข็งเพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลาการแช่แข็งใดๆ ไส้กรอกปลาสูตรที่เติม Xan มีค่า shear force, hardness และ gumminess ต่ำสุด ขณะที่การเติม i-cgn มีผลให้ไส้กรอกปลามีค่า shear force, hardness และ gumminess สูงที่สุดในทุกช่วงเวลาที่ศึกษาเช่นเดียวกับผลการทดสอบด้านการแช่แข็งและละลาย 9 วงจร



ภาพที่ 26 การเปลี่ยนแปลงค่า shear force ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน

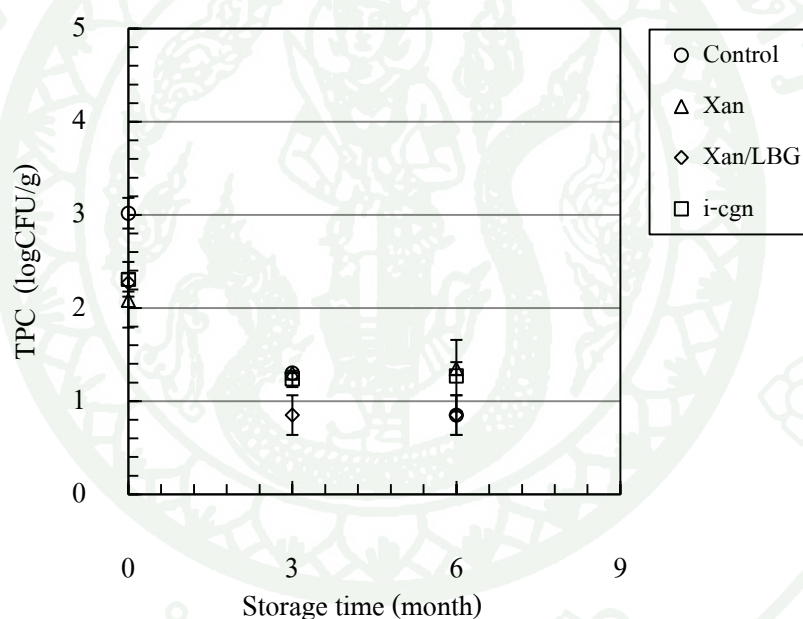


ภาพที่ 27 การเปลี่ยนแปลงค่า hardness ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน



ภาพที่ 28 การเปลี่ยนแปลงค่า gumminess ของไส้กรอกปลาที่เติมไฮโดรคอลลอยด์ชนิดต่างๆ ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน

ผลการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในไส้กรอกปลาแช่แข็งที่เดิมและไม่เดิมไฮโดรคอลลอยด์พบว่า จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นของไส้กรอกปลามีค่าอยู่ระหว่าง 2 – 3 log CFU/g ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช., 2546) ที่กำหนดให้ไส้กรอกปลามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 4 log CFU/g (1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) ซึ่งแสดงว่าการผลิตไส้กรอกปลามีสัญลักษณ์ที่ดีและการฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในไส้กรอกปลาแช่แข็งที่เก็บนานขึ้น พบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีปริมาณลดลงเหลือ 0.85-1.35 log CFU/g ขึ้นกับแต่ละสูตร (ภาพที่ 29) คาดว่าการแช่แข็งและการเก็บในสถานะแช่แข็งทำให้จุลินทรีย์เกิดการช็อคต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (temperature shock) และเกิดความเสียหายของเซลล์จุลินทรีย์จากพลาสมาเมมเบรนที่ได้รับความเสียหาย จุลินทรีย์ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกของการเก็บรักษา จากนั้นคงที่ในที่สุด (Farkas, 1997)



ภาพที่ 29 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของไส้กรอกปลาที่เดิมไฮโดรคอลลอยด์ร้อยละ 0.25 ระหว่างการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ไส้กรอกปลาที่เติมแป้งข้าวโพดและแป้งมันสำปะหลังมีคุณภาพเนื้อสัมผัสและคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)
2. แป้งมันสำปะหลังช่วยปรับปรุงความสามารถในการอุ้มน้ำของแบดเทอร์และไส้กรอกปลา รวมถึงช่วยลดค่า drip loss และ cooking loss การเพิ่มปริมาณแป้งมันสำปะหลังมีผลให้ค่า shear force, hardness และ gumminess ของไส้กรอกปลาเพิ่มขึ้น การเติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5 เพื่อปรับปรุงสมบัติในการอุ้มน้ำของไส้กรอกปลาไม่มีผลต่อความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์และในวงจรการแช่แข็งและละลาย พบว่าค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลาลดลงเมื่อปริมาณแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น
3. Xan, Xan/LBG และ i-cgn ช่วยเพิ่มค่า water holding capacity และลดค่า drip loss และ cooking loss ของไส้กรอกปลา ไส้กรอกคอลลอยด์ทั้ง 3 ชนิดที่ศึกษาสมบัติความคงตัวในวงจรแช่แข็งและละลายรวมถึงการเก็บในสถานะแช่แข็งนาน 6 เดือน ไส้กรอกปลาที่เติม Xan และ i-cgn ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดหลังผ่านวงจรการแช่แข็งและละลาย 9 รอบ
4. สูตรการผลิตไส้กรอกปลาที่เหมาะสมสำหรับการแช่แข็งนาน 6 เดือน ประกอบด้วยเนื้อปลานวลจันทร์ร้อยละ 53.10 แป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5 และส่วนประกอบอื่น (น้ำแข็งเกล็ดเกล็ด น้ำตาลทราย โปรตีนถั่วเหลืองไอโซเลต โซเดียมไตรฟอสเฟต น้ำมันถั่วเหลืองและเครื่องเทศ รวมร้อยละ 36.15) การเติมไฮโดรคอลลอยด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 ทั้ง 3 ชนิด ในไส้กรอก สามารถปรับปรุงคุณภาพของไส้กรอกปลาระหว่างการเก็บในสถานะแช่แข็ง

ข้อเสนอแนะ

แป้งมันสำปะหลังและไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการอุ้มน้ำสูง ช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์และลดต้นทุนการผลิต ดังนั้นสามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แปรรูปแช่แข็งชนิดอื่นได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ลูกชิ้น นักเก็ตและทอดมัน (patties) เป็นต้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไส้กรอกปลา. มพช. 143/2546.

แหล่งที่มา: http://www.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps143_46.pdf, 19 กรกฎาคม 2552.

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2535. วิศวกรรมอาหาร: การถนอมอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1.

โอ.เอส.พรินติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2547. กัม(ไฮโดรคอลลอยด์) กับการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและกระบวนการผลิต. ใน เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศรีวิกรณ์ ดิษฐอุดมโพธิ์ และ เสาวภาคย์ วัฒนพาหุ. 2549. ผลของการทดแทนสารประกอบซัลเฟตด้วยไฮโดรคอลลอยด์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไส้กรอกปลา, น.119-129. ใน รายงานการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการเพื่อนำเสนอผลการวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี., สงขลา.

Aktas, N. and H. Genccelep. 2006. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. **Meat Science** 74: 404-408.

Al-Bulushi, I. M., S. Kasapis, H. Al-Oufi and S. Al-Mamari. 2005. Evaluating the quality and storage stability of fish burgers during frozen storage. **Fisheries** 71: 648-654.

Andres, S. C., M. E. Garcia, N. E. Zaritzky. and A. E. Califano. 2006. Storage stability of low fat chicken sausages. **Journal of Food Engineering** 72: 311-319.

Annor-Frempong, I. E., A. Annan-Prah and R. Wiredu. 1996. Cassava as a Non-conventional Filler in Comminuted Meat Products. **Journal of Meat Science** 44: 193-202.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis**. 17th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia. 1588 p.

Ayadi, M. A., A. Kechaou, I. Makni and H. Attia. 2009. Influence of carrageenan addition on turkey meat sausages properties. **Journal of Food Engineering** 93: 278–283.

Food and Drug Administration. 2001. **Bacteriological Analytical Manual of Food**. FDA, Arlington, VA.

Bail, A. L. 2004. Freezing principle, pp. 1-12. In Y. H. Hui, P. Cornillon, I. G. Legaretta, M. H. Lim, K. D. Murrell, W. K. Nip, eds. **Handbook of Frozen Food**. Marcel Dekker, New York.

Beggs, K. L. H., B. A. Bowers and D. Brown. 1997. Sensory and Physical Characteristics of Reduced-Fat Turkey Frankfurters with Modified Corn Starch and Water. **Journal of food science** 62(2): 1240-1240.

Blond, G. and M. L. Mests. 2004. Principle of frozen storage, pp. 25-53. In Y. H. Hui, P. Cornillon, I. G. Legaretta, M. H. Lim, K. D. Murrell, W. K. Nip, eds. **Handbook of Frozen Food**. Marcel Dekker, New York.

Bloukas, J. G. and E. D. Paneras. 1996. Quality-characteristics of low-fat frankfurters manufactured with tapioca starch, finely ground toasted bread and rice bran. **J. Muscle Food** 7(1): 109-129.

Biological and chemical science, Queen Mary university of London. 2005. **Carrageenan**. Enzyme Nomenclature. Available Source:
<http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/enzyme/glossary/carrageenan.html>, June 20, 2009.

Bourne, M. C. 2002. **Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement**, 2nd ed. Academic Press, London.

- Candogan, K. and N. Kolsarici. 2003a. The effects of carrageenan and pectin on some quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science** 64: 199-206.
- Candogan, K. and N. Kolsarici. 2003b. Storage stability of low-fat beef frankfurters formulated with carrageenan and carrageenan with pectin. **Meat Science** 64: 207-214.
- Cargill Incorporated. 2007. **Molecular Structure**. Locust been gum. Available Source: http://www.cargilltexturizing.com/products/hydrocolloids/locust/cts_prod_hydro_loc_mol.shtml, June 20, 2009.
- Cardoso, C., R. Mendes, S. Pedro and M. L. Nunes. 2008. Quality changes during storage of fish sausages containing dietary fiber. **Journal of Aquatic Food Product Technology** 17(1): 93-95.
- Cofrades, S., M. A. Guerra, J. Carballo, F. Fernandez-Martin, and F. Jimenez-Colmenero. 2000. Plasma protein and soy fiber content effect on bologna sausage properties as influenced by fat level. **Journal of Food Science** 65: 281-287.
- Collison, R. 1968. Swelling and gelation of starch, pp. 168-193. In J. A. Radley, eds. **Starch and Its Derivatives**. Chapman and Hall, London.
- Colmenero, F. J., G. Barreto, P. Fernandez and J. Carballo. 1996. Frozen storage of bologna sausages as a function of fat content and of levels of added starch and egg white. **Meat Science** 42: 325-332.
- Connell, J. J. 1960. Studies on the proteins of fish skeletal muscle. **Biochem** 75: 530-532.
- Devadason, I. P., A. S. R. Anjaneyulu and Y. Babji. 2010. Effect of different binders on the physico-chemical, textural, histological, and sensory qualities of retort pouched buffalo meat nuggets. **Journal of Food Science** 75: 31-35.

- DeFreitas, R., J. G. Sebranek, D. G. Olson and J. M Carr. 1997a. Freeze/thaw stability of cooked pork sausage as affected by salt, phosphate, pH and carrageenan. **Journal of Food Science** 62(1): 551-554.
- Dexter, D. R., J. N. Sofos and G. R. Schmidt. 1993. Quality characteristics of turkey bologna formulated with carrageenan, starch, milk and soy protein. **Journal of Muscle Foods** 4(3): 207-223.
- Devine, L. E. 1996. Red meat, pp. 60-79. *In* L.E. Jermiah, ed. **Freezing Effects on Food Quality**. Agri. and Agri-food Canada Research Centri. Lacombe, Alberta, Canada.
- Farkas, J. 1997. Physical methods of food preservation, pp. 497-556. *In* M. P. Doyle, L. R. Beuchat and T. J. Montville, eds. **Food Microbiology Fundamentals and Frontiers**. ASM Press, Washington D.C.
- Fellows. P. J. 1998. **Food Processing Technology Principle and Practice**. 1st ed. Woodhead publishing limited, West Sussex.
- Fellows. P. J. 2000. **Food Processing Technology Principle and Practice**. 2nd ed. Woodhead publishing limited, West Sussex.
- Fernandez, P. P., M. N. Martino, N. E. Zaritzky, B. Guignon and P.D. Sanz. 2007. Effects of locust bean, xanthan and guar gums on the ice crystals of a sucrose solution frozen at high pressure. **Food Hydrocolloids** 21: 507-515.
- Fennema, O. R. 1975. **Principle of Food Science**. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Foegeding, E. A. and S. R. Ramsey. 1988. Rheological and water-holding properties of gelled meat batters containing iota carrageenan, kappa carrageenan or xanthan gum. **Journal of Food Science** 52(3): 549-553.

- Food and Agriculture Organization. 1985. **Small-Scale Sausage Production**. Sausage raw materials. Available Source:
<http://www.fao.org/docrep/003/x6556e/X6556E02.htm#ch2>. Sep 18, 2009.
- Gnanasambandam, R. and J. F. Zayas. 1992. Functionality of wheat germ protein in comminuted meat products as compared with corn germ and soy proteins. **Journal of Food Science** 57(4): 829-833.
- George, M. L. 1953. **Sausage and Ready to serve meat**. Edwards Brother, Inc, Michigan.
- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. **Carbohydrate Polymers** 45: 253–267.
- Hughes, E., S. Cofrades and D. J. Troy. 1997. Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30 fat. **Meat Science** 45(3): 273-281.
- Hughes, E., A. M. Mullen and D. J. Troy. 1998. Effects of fat level, tapioca starch and whey protein on frankfurters formulated with 5% and 12% fat. **Journal of Meat Science** 48: 169-180.
- Imeson, A. 2000. Carrageenan, pp. 87-102. In G. O. Phillip and P. A. Williams, eds. **Handbook of hydrocolloids**. Woodhead Publish limited and CRC Press, New York.
- Knight, M and J. Perkin. 1991. The use of tapiocaine in British sausage. **Meat Manufacturing and Marketing** 44: 29-30.
- Kramlich, W. E. 1960. The science of meat and meat products, pp. 484-512. In J.F. Price and B.S. Schweigert, eds. **Sausage Products**. W.H. Freeman and company, San Francisco.

- Kamruzzaman, M., F. Akter, M. M. H., Bhuiyan, M. G. Q. Khan and M. R. Rahman. 2007. Consumer acceptance and market test of fish sausage and fish ball prepared from sea catfish, *Tachurus thalassimus*. **Pakistan Journal of Biological Science** 9(6): 1014-1020.
- Lanier, T. C. 1985. Fish protein in processed meats. **Reciprocal Meat Conference Proceeding**. 38: 129-134.
- Leach, H. W. 1965. Gelatinization of starch. In R. L. Whistler and E. F. Paschall, eds. **Starch: Chemistry and Technology**. Academic Press, New York.
- Lee, M. H., M. H. Baek, D. S. Cha, H. J. Park and S. T. Lim. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gum. **Food Hydrocolloids** 16(4): 345-352.
- Lin, K. W. and H.Y. Huang. 2003. Konjac/gellan gum mixed gels improve the quality of reduced-fat frankfurters. **Meat Science** 65: 749-755.
- Luruena-Martinez, M. A., A. M. Vivar-Quintana and I. Revilla. 2004. Effect of locust bean/xanthan gum addition and replacement of pork fat with olive oil on the quality characteristics of low-fat frankfurters. **Meat Science** 68: 383-389.
- Lyons, P. H., J. F. Kerry, P. A. Morrissey and D. J. Buckley. 1999. The influence of added whey protein/carrageenan gels and tapioca starch on the textural properties of low fat pork sausages. **Meat Science** 51: 43-52.
- Mishra, S and Rai, T. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starch. **Food Hydrocolloids** 20: 557-566.
- Mittal, G. S. and S. Barbut. 1993. Effects of various cellulose gums on the quality parameters of low-fat breakfast sausage. **Meat Science** 35(1): 93-103.

- Montero, P., J. L. Hurtado and M. Pérez-Mateos. 2000. Microstructural behaviour and gelling characteristics of myosystem protein gels interacting with hydrocolloids. **Food Hydrocolloids** 14: 455–461.
- Murphy, S. C., D. Gilroyb, J. F. Kerrya, D. J. Buckleya and J. P. Kerrya. 2004. Evaluation of surimi, fat and water content in a low/no added pork sausage formulation using response surface methodology. **Meat Science** 66: 689–701.
- Munasinghe, D. M. S. and T. Sakai. 2003. Sodium chloride (0.8M) as better protein extractant for fish meat quality assessments. **Journal of Food Science** 68(3): 1059-1062.
- Newport Scientific. 1995. **Operation Manual for the series 4 Rapid Visco Analysis**. Newport Scientific Pty Ltd., Australia.
- Nussinovitch, A. 1997. **Hydrocolloid application gum technology in the food and other industries**. 1st. Chamman and hall: 154-166.
- Nwokocha, L. M., N. A. Aviara, C. Senan and P. A. Williams. 2009. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers** 76: 362-367.
- Pettiitt, D. 1980. Xanthan, pp. 127-150. In M. Glicksman, ed. **Food Hydrocolloids volume I**. CRC Press, Florida.
- Pietrasik, Z. 1999. Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics, and colour of comminuted scalded sausages. **Meat Science** 51: 17–25.
- Pongsawatmanit, R., T. Temsiripong and T. Suwonsichon. 2007. Thermal and rheological properties of tapioca starch and xyloglucan mixtures in the presence of sucrose. **Food Research International** 40: 239–248.

- Rahman, M. S., H. A. Waili, N. Guizani and S. Kasapis. 2007. Instrumeantal-sensory evaluation of texture for fish sausage and its storage stability. **Fisheries Science** 73: 648–654.
- Reid, D. S. 1994. Overview of physical/chemical aspects of frozen, pp. 10-26. *In* M. C. Erickson and Y. C. Hung, eds. **Quality in Frozen Food**. Chapman & hall, New York.
- Romans, J. R., W. J. Costello, W. C. Carlson, M. L. Greaser and K. W. Jones. 1994. **The Meat We Eat**. 13th ed. Interstate publishers Inc., Illinois.
- Ruban, S. W., V. A. Rao and A. Kalaikannan. 2008. Effect of tapioca starch and potato flour on physico-chemical, sensory and microbial characteristics of pork sausage during refrigerated storage (4 ± 1 °C). **Global Veterinaria** 2: 219-224.
- Sahagian, M. E. and H. D. Goft. 1996. Fundamental aspects of the freezing process, pp. 1-50. *In* L. E. Jeremiah, ed. **Freezing Effects on Food Quality**. Marcel Dekker, New York.
- Skrede, G. 1989. Comparison of various types of starch when used in meat sausages. **Meat Science** 25: 21-36.
- Sini, T. K., S. Santhos, A. C. Joseph and C. N. Ravisakar. 2008. Changes in the characteristics of rohu fish (*Labeo rohita*) sausage during storage at different temperatures. **Journal of Food Processing and Preservation** 32: 429-442.
- Tan, S.S., A. Aminah, X.G. Zhang and S.B. Abdul. 2006. Optimizing palm oil and palm sterarin utilization for sensory and textural properties of chicken frankfurters. **Meat Science** 72: 387–397.
- Verbeken, D., N. Neirinck, P. Van der Meeren and K. Dewettinck. 2005. Influence of K-carrageenan on the thermal gelation of salt-soluble meat proteins. **Meat Science** 70: 161–166.

- Waldt, L. M and D Kehoe. 1995. Starch chemistry for the food technologist. **Food Technology** 5: 1-3.
- Wilson, G. D. 1960. Sausage Product, pp. 349-372. *In* G.W. Salisbury and E. W. Crampton, eds. **The Science of Meat and Meat Product**. W. H. Freeman and Company, London.
- Xiong, Y. L., D. C. Noel and W. G. Moody. 1999. Textural and sensory properties of low-fat beef sausage with add water and polysaccharides as affected by pH and salt. **Journal of food science** 64(3): 550-554.
- Yuan, R. C. and D. B. Thompson. 1998. Freeze-thaw stability of three waxy maize starch pastes measured by centrifugation and calorimetry. **Cereal Chemistry** 75(4): 571-573.
- Zamora, A. 2005. **Xanthan gum**. Carbohydrates-chemical structure. Available Source: <http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates2.html>, June 20, 2009.





ตารางผนวกที่ ก1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแป้งมันสำปะหลังและเนื้อปลานวลจันทร์ที่ใช้เตรียมไส้กรอกปลา

องค์ประกอบ	แป้งมันสำปะหลัง	เนื้อปลานวลจันทร์
ความชื้น	11.4±0.1	84.6±0.1
โปรตีน	0.15±0.03	13.9±0.2
ไขมัน	0.15±0.02	0.66±0.06
เถ้า	0.22±0.01	1.07±0.02
เส้นใยหยาบ	1.56±0.20	-

ตารางผนวกที่ ก2 องค์ประกอบทางเคมีของไส้กรอกปลาที่เติมแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 10.5

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น	66.8±0.2
โปรตีน	9.07±0.06
ไขมัน	11.4±0.53
เถ้า	2.75±0.04
เส้นใยหยาบ	3.48±0.19



1. ความชื้น

นำจานอะลูมิเนียมหาความชื้นไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำออกใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่ออีก 30 นาที ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (W) ชั่งตัวอย่างข้าวใส่จานอะลูมิเนียมประมาณ 3.000 กรัม (W1) นำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 100 - 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง นำออกใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่ออีก 30 นาที ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักที่แน่นอน (W2) (AOAC, 2000)

$$\text{ความชื้น (\%)} = (W2-W) \times 100/W1$$

2. เถ้า

นำจานกระเบื้องไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก ทำการเผาจานกระเบื้องซ้ำอีก 30 นาที จนได้น้ำหนักคงที่ (W) ชั่งตัวอย่างที่ทราบความชื้นประมาณ 2 กรัม โดยน้ำหนักแห้ง (W1) ใส่ในจานกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปเผาด้วยไฟอ่อนๆ จนหมดควัน ใส่เตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิประมาณ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2-3 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา นำออกมาใส่เคชเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปชั่งน้ำหนัก (W2) (AOAC, 2000)

$$\text{เถ้า (\%)} = 100 \times (W2-W)/W1$$

3. โปรตีน

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ใส่ใน Digestion tube เติม Catalyst หรือ $\text{CuSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ ประมาณ 7 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใส นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำ Digestion tube ใส่ในเครื่องกลั่นและใส่ Flask ซึ่งบรรจุกรดบอริกความเข้มข้น 4% จำนวน 25 มิลลิลิตร และอินดิเคเตอร์ผสมของ Bromocresolgreen และ Methyl red ในอัตราส่วน 1: 7 เมื่อกลั่นเสร็จนำสารละลายที่กลั่นได้ซึ่งอยู่ใน Flask ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ จนได้สารละลายสีชมพูอ่อน (AOAC, 1998) แฟกเตอร์สำหรับคำนวณปริมาณโปรตีน เท่ากับ 6.25

$$\text{Nitrogen content (\%)} = \frac{14.001 \times [\text{HCl}] \times (\text{vol. HCl with sample} - \text{vol. HCl with blank}) \times 100}{\text{weight of sample (mg, dry basis)}}$$

$$\text{ปริมาณโปรตีน (\%)} = \text{Nitrogen content (\%)} \times 5.95$$

4. ไขมัน

ซังตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้วประมาณ 3 กรัม (W) ใส่กระดาดกรองและห่อตัวอย่างในทิมเบิล (thimble) นำทิมเบิลใส่ในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน (Soxtec™ Avanti 2050 automated extraction system) เติมนิโตรเลียมอีเทอร์สกัดไขมันที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (W2) ปริมาตร 70-90 มิลลิลิตร แล้วนำไปใส่ในเครื่องวิเคราะห์ไขมัน สภาวะการสกัดไขมันเป็นดังนี้

Boiling time	25 minutes
Rinsing time	30 minutes
Recovery time	9-10 minutes

เมื่อครบระยะเวลาทำการระเหยส่วนที่เหลือในตู้อบที่อุณหภูมิ 90 - 100 องศาเซลเซียส ใส่เครื่องเคเตอร์ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักคงที่ (W1) โดยคำนวณเป็นร้อยละของน้ำมัน (ดัดแปลงจาก AOAC, 2000)

$$\text{ไขมัน (\%)} = 100 \times (W1 - W2)/W$$

5. เส้นใยหยาบ

ซังตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไขมันแล้วให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม (W) ใส่ในกรูชีเบล ใส่กรูชีเบลในเครื่อง Fibertec M6 1020 เติมกรดซัลฟูริก 1.25 นอร์มัล ซึ่งต้มเดือดลงไป 200 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องย่อยและต้มให้เดือดต่อไปอีกนาน 30 นาที ล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดกรด (ประมาณ 200 มิลลิลิตร) จากนั้นย่อยด้วยสารละลายโปรแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 1.25 นอร์มัล ซึ่งต้มเดือดจำนวน 200 มิลลิลิตร และต้มให้เดือดต่อไปอีก 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำร้อนจนหมดล้างกากที่เหลือด้วยอะซิโตน ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำกรูชีเบลไปอบให้แห้งนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ใส่เครื่องเคเตอร์ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนัก นำไปอบต่ออีก 30 นาที ชั่ง

น้ำหนักจนได้น้ำหนักที่คงที่ (W1) นำครุชิลเบลพร้อมด้วยกากที่อบแห้ง ไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 ชั่วโมง (จนขาว) ใส่เคซิเคเตอร์ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ (W2) (AOAC, 2000)

$$\text{เส้นใยหยาบ (\%)} = 100 \times (W1 - W2)/W$$





แบบทดสอบความชอบโดยวิธี 9-Point Hedonic Scales

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ ใ้ใส่กรอกปลา

รหัสตัวอย่าง

คำชี้แจง: โปรดทดสอบตัวอย่างต่อไปนี้ และให้ระดับความชอบในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ☐

1. ท่านมีความชอบต่อ “ลักษณะปรากฏ (appearance)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2. ท่านมีความชอบต่อ “สี (color)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

3. ท่านมีความชอบต่อ “ความฉ่ำ (juiciness)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

4. ท่านมีความชอบต่อ “ความแน่นเนื้อ (firmness)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

5. ท่านมีความชอบต่อ “ความนุ่ม (tenderness)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

6. ท่านมีความชอบต่อ “ความชอบโดยรวม (overall liking)” อย่างไร

ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	เฉย ๆ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ข้อเสนอแนะ.....

ขอบคุณค่ะ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	รสจรินทร์ ปราบปรี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	12 กันยายน 2524
สถานที่เกิด	อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2551)