สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ก-1
สารบัญ		ก-6
สารบัญตาราง		ก-10
สารบัญภาพ		ก-18
บทนำรวม		1
โครงการวิจัยที่ 1	**การผลิตน้ำมันปลาจากส่วนท้องของการแปรรูปปลาแซลมอน**	6
	บทคัดย่อ	7
	Abstract	8
	บทนำ	9
	วัตถุประสงค์	11
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	11
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	23
	ต้นทุนการผลิต	45
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
	สรุปแผนงานวิจัย	47
	เอกสารอ้างอิง	48
โครงการวิจัยที่ 2	**การสกัดคอลลาเจนและเจลลาตินจากเศษเหลือของการแปรรูปปลาแซลมอน**	52
	บทคัดย่อ	53
	Abstract	54
	บทนำ	55
	วัตถุประสงค์	56
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	56
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	58
	ต้นทุนการผลิต	75
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
	สรุปแผนงานวิจัย	77
	เอกสารอ้างอิง	78

		หน้า
โครงการวิจัยที่ 3	**การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอนที่ผ่านการแยกน้ำมันออกเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร**	80
	บทคัดย่อ	81
	Abstract	82
	บทนำ	83
	วัตถุประสงค์	84
	การทบทวนวรรณกรรม	85
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	94
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	98
	ต้นทุนการผลิต	126
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	127
	สรุปแผนงานวิจัย	129
	เอกสารอ้างอิง	130
	ภาคผนวก	140
โครงการวิจัยที่ 4.1	**การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแซลมอน จากอุตสาหกรรมปลาแช่แข็ง**	146
	บทคัดย่อ	147
	Abstract	148
	บทนำ	149
	วัตถุประสงค์	151
	การทบทวนวรรณกรรม	151
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	167
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	172
	ต้นทุนการผลิต	192
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	195
	สรุปแผนงานวิจัย	197
	เอกสารอ้างอิง	199
	ภาคผนวก	201

		หน้า
โครงการวิจัยที่ 4.2	**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นอบกรอบจากเศษเหลือปลาแซลมอน**	206
	บทคัดย่อ	207
	Abstract	208
	บทนำ	209
	การทบทวนวรรณกรรม	210
	วัตถุประสงค์	216
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	216
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	222
	ต้นทุนการผลิต	247
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	248
	สรุปแผนงานวิจัย	249
	เอกสารอ้างอิง	251
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก 4.2 ก	253
	ภาคผนวก 4.2 ข	255
	ภาคผนวก 4.2 ค	256
	ตารางภาคผนวก 4.2 ง	258
โครงการวิจัยที่ 4.3	**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม**	260
	บทคัดย่อ	261
	Abstract	262
	บทนำ	263
	วัตถุประสงค์	265
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	265
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	275
	ต้นทุนการผลิต	291
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	292
	สรุปแผนงานวิจัย	293
	เอกสารอ้างอิง	295
	ภาคผนวก	298

		หน้า
โครงการวิจัยที่ 5	**การศึกษาวิธีการสกัดกรดไฮยาลูโรนิกจากเศษเหลือปลาแซลมอน**	300
	บทคัดย่อ	301
	Abstract	303
	บทนำ	304
	ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	306
	ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	309
	ต้นทุนการผลิต	334
	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	340
	สรุปแผนงานวิจัย	342
	เอกสารอ้างอิง	343
	ภาคผนวก	345
สรุปภาพรวมของแผนงานวิจัย		350
ประวัติและผลงานของผู้ทำวิจัย		352

สารบัญตาราง

		หน้า
โครงการวิจัยที่ 1	**การผลิตน้ำมันปลาจากส่วนท้องของการแปรรูปปลาแซลมอน**	
ตารางที่ 1.1	ผลิตภัณฑ์และปริมาณเฉลี่ยจากกระบวนการผลิตน้ำมันจากส่วนท้องของปลาแซลมอน	23
ตารางที่ 1.2	ปริมาณการสูญเสียน้ำมันในแต่ละขั้นตอนของการทำน้ำมันปลาแซลมอนให้บริสุทธิ์	28
ตารางที่ 1.3	ค่าสีและค่าจุดจุดหลอมเหลว ของน้ำมันปลาแซลมอนดิบ และน้ำมันปลาแซลมอนในแต่ละขั้นตอนของการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์	30
ตารางที่ 1.4	สมบัติทางเคมีของน้ำมันปลาแซลมอนดิบ และน้ำมันปลาที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์	38
ตารางที่ 1.5	องค์ประกอบของกรดไขมันของน้ำมันปลาแซลมอนดิบ และน้ำมันปลาแซลมอนที่ผ่านกระบวนการกำจัดยางตะกอน การกำจัดกรดไขมันอิสระ และการฟอกสี	41
ตารางที่ 1.6	สัดส่วนของกลุ่มกรดไขมันของน้ำมันปลาแซลมอนดิบ และน้ำมันปลาแซลมอนที่ผ่านกระบวนการกำจัดยางตะกอน การกำจัดกรดไขมันอิสระ และการฟอกสี	43
โครงการวิจัยที่ 2	**การสกัดคอลลาเจนและเจลลาตินจากเศษเหลือของการแปรรูปปลาแซลมอน**	
ตารางที่ 2.1	น้ำหนัก (กรัม) ของหนังปลาที่ผ่านการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.2 M เป็นเวลา0 - 120 ชั่วโมง	59
ตารางที่ 2.2	น้ำหนักของคอลลาเจนแห้ง (กรัม) ที่ได้หลังจากการสกัดด้วยสารละลายกรดอะซิติที่ความเข้มข้น 0.1 , 0.5 และ 1.0 M เป็นเวลา 0 , 4 , 8 , 12 , 24 และ 48 ชั่วโมง	60
ตารางที่ 2.3	น้ำหนักของคอลลาเจนแห้ง (กรัม) ที่สกัดด้วยเอนไซม์เปปซิน	62
ตารางที่ 2.4	คอลลาเจนที่พบในหนังปลา โดยวิธี SDS-PAGE	68
ตารางที่ 2.5	องค์ประกอบทางเคมีของหนังปลาแซลมอน	71
ตารางที่ 2.6	สมบัติเบื้องต้นของเจลาตินที่สกัดได้ ที่อุณหภูมิ 45, 55 และ 65 $^{\circ}$C	74

หน้า

โครงการวิจัยที่ 3 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอนที่ผ่านการแยกน้ำมันออกเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

ตารางที่ 3.1 แหล่งที่มาของวัตถุดิบและเอนไซม์/สารเคมีที่ใช้สำหรับผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากปลา 85

ตารางที่ 3.2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อท้องปลาแซลมอนและเนื้อท้องปลาแซลมอนบดที่ผ่านการแยกน้ำมันออก 98

ตารางที่ 3.3 ผลผลิตวัตถุดิบโปรตีนที่ได้จากการปรับสภาพความเป็นกรดด่างก่อนและหลังการทำแห้งแบบระเหิด ต่อเนื้อท้องปลาแซลมอนบดที่ผ่านการแยกน้ำมันออก 99

ตารางที่ 3.4 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ ความเข้มข้นโปรตีน และเวลาในการย่อย โดยเอนไซม์ Alcalase ต่อกิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH แผนการทดลองแบบ Box-Benhnken Design 100

ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำลองการถดถอยของค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 101

ตารางที่ 3.6 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบของสมการกำลังสองของค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 102

ตารางที่ 3.7 ผลของความเข้มข้นของเอนไซม์ ความเข้มข้นโปรตีน และเวลาในการย่อยด้วยเอนไซม์ Alcalase ต่อค่า %FRAP decrease วางแผนการทดลองแบบ Box-Benhnken Design 104

ตารางที่ 3.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำลองการถดถอยของค่า Ferric reducing antioxidant power (%FRAP decrease) 105

ตารางที่ 3.9 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปแบบของสมการกำลังสองของค่า Ferric reducing antioxidant power (%FRAP decrease) 106

ตารางที่ 3.10 ผลของชนิดเอนไซม์ทางการค้าต่อค่าระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอนที่เวลาต่าง ๆ แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 108

ตารางที่ 3.11 ผลของเวลาในการย่อย และความเข้มข้นของเอนไซม์ ต่อระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 110

หน้า

ตารางที่ 3.12 ผลของเวลาในการย่อย และความเข้มข้นของเอนไซม์ ต่อสมบัติการการยับยั้งอนุมูล DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 113

ตารางที่ 3.13 ผลของเวลาในการย่อย และความเข้มข้นของเอนไซม์ต่อ Ferric reducing antioxidant power ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 116

ตารางที่ 3.14 ผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนไฮโดรไลเซท จากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมงต่อค่าการยับยั้งกิจกรรมของ Angiotensin-I converting enzyme (ACE) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 119

ตารางที่ 3.15 ผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนไฮโดรไลเซทต่อสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ ค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ Ferric reducing antioxidant activity แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 120

ตารางที่ 3.16 องค์ประกอบชนิดและปริมาณกรดอะมิโนของโปรตีนไฮโดรไลเซท จากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน ที่ย่อยโดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขนาดน้ำหนักโมเลกุล >10 kDa จากการผ่าน ultrafiltration membrane ที่ molecular weight cut off 10 kDa 124

โครงการวิจัยที่ 4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแซลมอนจากอุตสาหกรรมปลาแช่แข็ง

ตารางที่ 4.1.1 ความทนทานต่อความร้อนของแบคทีเรียในอาหารที่มีความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ 161

ตารางที่ 4.1.2 สูตรปลาย่างซอสเทอริยากิ (สูตรอ้างอิง) 172

ตารางที่ 4.1.3 สูตรต้นแบบปลาย่างซอสเทอริยากิ (ปรับจากสูตรอ้างอิง) 173

ตารางที่ 4.1.4 สูตรซอสเทอริยากิที่พัฒนาขึ้น 173

ตารางที่ 4.1.5 สูตรน้ำแดงปรุงรส (สูตรอ้างอิง) 174

ตารางที่ 4.1.6 สูตรซอสน้ำแดงที่พัฒนาขึ้น 175

ตารางที่ 4.1.7 การเปรียบเทียบวิธีเตรียมวัตถุดิบท้องปลาแซลมอนย่างก่อนบรรจุกระป๋องด้วยวิธีต้มก่อนย่างและวิธีย่าง 176

หน้า

ตารางที่ 4.1.8	คะแนนความชอบเฉลี่ย (hedonic scale) ของส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋องที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°ซ เวลา 45 นาที	180
ตารางที่ 4.1.9	ระดับความเหมาะสมจากวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) ของส่วนท้องปลาแซลมอนย่างซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋องที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°ซ เวลา 45 นาที	180
ตารางที่ 4.1.10	ระดับความเหมาะสมจากวิธีการใช้สเกลวัดความพอดี (just right scale) ของท้องปลาแซลมอนย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ที่สภาวะการฆ่าเชื้อ 121°ซ เวลา 45 นาที	181
ตารางที่ 4.1.11	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่าง ๆ	186
ตารางที่ 4.1.12	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋องที่ฆ่าเชื้อที่สภาวะต่างๆกัน	186
ตารางที่ 4.1.13	องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋อง	188
ตารางที่ 4.1.14	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 48 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน	189
ตารางที่ 4.1.15	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 20 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน	189
ตารางที่ 4.1.16	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 92 นาที เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน	190
ตารางที่ 4.1.17	คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 121 °ซ 52 นาที ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน	190
ตารางที่ 4.1.18	คุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำซอสบรรจุกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน	191

หน้า

ตารางที่ 4.1.19 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง 192

ตารางที่ 4.1.20 ต้นทุนราคาวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง 193

โครงการวิจัยที่ 4.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นอบกรอบจากเศษเหลือปลาแซลมอน

ตารางที่ 4.2.1 สูตรพื้นฐานสำหรับการผลิตแครกเกอร์ 219

ตารางที่ 4.2.2 อัตราส่วนระหว่างแป้งสาลีต่อเศษเนื้อปลาแซลมอนและปริมาณส่วนผสม (สูตรปรับปรุงลดปริมาณเกลือ) 220

ตารางที่ 4.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของเศษเนื้อปลาแซลมอน 222

ตารางที่ 4.2.4 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากเนื้อราวท้องปลาแซลมอนจาก ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 3 รูปแบบ 225

ตารางที่ 4.2.5 ผลการทดสอบความชอบและการยอมรับผลิตภัณฑ์ แครกเกอร์ปลาแซลมอนต้นแบบขั้นต้น 225

ตารางที่ 4.2.6 การยอมรับของผู้ทดสอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ปลาแซลมอนต้นแบบขั้นต้น 225

ตารางที่ 4.2.7 ค่าเฉลี่ยความกว้าง ยาว และหนาของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ทางการค้าที่สำรวจ 9 ชนิด 226

ตารางที่ 4.2.8 คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ทางการค้าที่สำรวจ 9 ชนิด 227

ตารางที่ 4.2.9 คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ทางการค้าที่สำรวจ 9 ชนิด 228

ตารางที่ 4.2.10 องค์ประกอบทางด้านเคมีและกายภาพของแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่แปรอัตราส่วนแป้งสาลีต่อเนื้อปลาแซลมอน 229

ตารางที่ 4.2.11 คะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ปลาแซลมอนที่มีอัตราส่วนแป้งสาลีต่อปลาที่แตกต่างกัน 230

ตารางที่ 4.2.12 ลักษณะของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ที่มีปริมาณน้ำมันรำข้าว 10, 20 และ 30 กรัม/100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ 135, 145 ,155 °C และเวลา 5.5, 6.0, 6.5 นาที 238

ตารางที่ 4.2.13 คะแนนความชอบเฉลี่ยจากการประเมินทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ที่เติมน้ำมันรำข้าว 10 กรัมต่อแป้ง 100 กรัม 240

		หน้า
ตารางที่ 4.2.14	ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์จากเศษปลาแซลมอนที่พัฒนาได้	242
ตารางที่ 4.2.15	ข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาแซลมอน และแครกเกอร์ทางการค้า	243
ตารางที่ 4.2.16	กลุ่มตัวอย่างในการสำรวจผู้บริโภค	244
ตารางที่ 4.2.17	คะแนนความชอบเฉลี่ยในลักษณะต่าง ๆ ของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ ปลาแซลมอน	244
ตารางที่ 4.2.18	การยอมรับผลิตภัณฑ์และการซื้อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาแซลมอนหากมีวางจำหน่ายจำแนกตามช่วงอายุและเพศ	245
ตารางที่ 4.2.19	ต้นทุนวัตถุดิบแครกเกอร์ปลาแซลมอน	246
โครงการวิจัยที่ 4.3	**การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม**	
ตารางที่ 4.3.1	สภาวะที่ใช้ในการทำโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเนื้อปลาแซลมอน (FPH)	268
ตารางที่ 4.3.2	แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนเพื่อปรับปรุงกลิ่นรสในสูตรกลมกล่อม	270
ตารางที่ 4.3.3	แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนสูตรกลมกล่อมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส	271
ตารางที่ 4.3.4	แสดงอัตราส่วนต่างๆ ของซุปปลาแซลมอนเพื่อปรับปรุงกลิ่นในสูตรต้นตำรับ	272
ตารางที่ 4.3.5	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของปลาแซลมอนที่ขจัดไขมัน	275
ตารางที่ 4.3.6	ระดับการย่อยสลายเนื้อปลาแซลมอนที่ขจัดไขมันด้วย Flavourzyme ที่สภาวะต่างๆ	277
ตารางที่ 4.3.7	แสดงระดับการย่อยสลายของเนื้อปลาแซลมอนที่บีบไขมันออก (defatted Salmon) ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของเอนไซม์ 5 เปอร์เซ็นต์	278
ตารางที่ 4.3.8	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale ของซุปปลาแซลมอน	279
ตารางที่ 4.3.9	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของซุปปลาแซลมอนด้วยแป้งดัดแปร	280
ตารางที่ 4.3.10	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic scale ของซุปปลาแซลมอนสูตรต้นตำรับ	281

		หน้า
ตารางที่ 4.3.11	ส่วนผสมในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม	282
ตารางที่ 4.3.12	ผลการศึกษาการส่งผ่านความร้อนของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง	282
ตารางที่ 4.3.13	องค์ประกอบทางเคมีของซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋อง	284
ตารางที่ 4.3.14	ปริมาณกรดแอมิโนในตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสดและซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	285
ตารางที่ 4.3.15	ปริมาณวิตามินบีในตัวอย่างเนื้อท้องปลาแซลมอนสด และซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	286
ตารางที่ 4.3.16	ปริมาณกรดไขมันในซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	286
ตารางที่ 4.3.17	ค่าสีของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	287
ตารางที่ 4.3.18	การวัดค่า TBA ของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัด	287
ตารางที่ 4.3.19	ค่าเฉลี่ยคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ 0 30 และ 60 วัน ของซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง	288
ตารางที่ 4.3.20	ต้นทุนในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเนื้อท้องปลาแซลมอนจำนวน 1 กิโลกรัม	289
ตารางที่ 4.3.21	ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรกลมกล่อมจำนวน 1 กระป๋องปริมาตร 180 มิลลิลิตร	289
ตารางที่ 4.3.22	ต้นทุนในการผลิตซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่มบรรจุกระป๋องสูตรต้นตำรับจำนวน 1 กระป๋องปริมาตร 180 มิลลิลิตร	290

โครงการวิจัยที่ 5 การศึกษาวิธีการสกัดกรดไฮยาลูโรนิกจากเศษเหลือปลาแซลมอน

ตารางที่ 5.1	ผลผลิตปลาแซลมอนรวมแยกตามสายพันธุ์ในปี 2545-2551	309
ตารางที่ 5.2	ปริมาณและมูลค่าการนำเข้า–ส่งออก ปลาแซลมอนของประเทศไทย	314
ตารางที่ 5.3	สรุปข้อมูลสำคัญจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ	321
ตารางที่ 5.4	เปรียบเทียบความยาวและความกว้างของปลาแซลมอนแอตแลนติกและปลาเรนโบว์เทราต์	323
ตารางที่ 5.5	เปรียบเทียบร้อยละผลผลิตรวมของปลาแซลมอนแอตแลนติก *(Salmo salar)* และปลาเรนโบว์เทราต์*(Oncorhynchus mykiss)*	324

		หน้า
ตารางที่ 5.6	ปริมาณกรดไฮยาลูโรนิก และปริมาณโปรตีนจากส่วนต่าง ๆ ของปลาแซลมอนที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA	325
ตารางที่ 5.7	ปริมาณผลผลิต (yield) ของกรดไฮยารูโรนิกที่ได้จากวิธีการสกัด 2 วิธี	331
ตารางที่ 5.8	ปริมาณกรดไฮยาลูโรนิก และปริมาณโปรตีนจากผลผลิตกรดไฮยาลูโรนิกที่สกัดได้จากวิธีการสกัด 2 วิธี จากปลาแซลมอนแอตแลนติก ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA	333
ตารางที่ 5.9	ต้นทุนในการผลิตกรดไฮยาลูโรนิก 100 มิลลิกรัม	334
ตารางที่ 5.10	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือหลังจากการสกัดกรดไฮยาลูโรนิก	336
ตารางที่ 5.11	ตารางแสดงปริมาณธาตุอาหารหลัก pH ปริมาณอินทรียวัตถุจากเศษเหลือของกระบวนการสกัดกรดไฮยาลูโรนิก เปรียบเทียบกับเกณฑ์ พรบ. ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2550	337

สารบัญภาพ

หน้า

โครงการวิจัยที่ 1 การผลิตน้ำมันปลาจากส่วนท้องของการแปรรูปปลาแซลมอน

ภาพที่ 1.1 วิธีการผลิตน้ำมันดิบจากส่วนท้องของปลาแซลมอน 19

ภาพที่ 1.2 ลักษณะผลิตภัณฑ์น้ำมันปลาและผลพลอยได้อื่นๆ ที่ได้จากการผลิตน้ำมันปลาแซลมอนดิบ 21

ภาพที่ 1.3 ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตน้ำมันปลาแซลมอนในแต่ละขั้นตอนของการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ 27

ภาพที่ 1.4 ลักษณะสีของน้ำมันปลาแซลมอนดิบ และน้ำมันปลาแซลมอนภายหลังการผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ 31

ภาพที่ 1.5 ตัวอย่างโครมาโตรแกรม (Chromatogram) ของเมธิลเอสเทอร์ (methyl esters) ของน้ำมันปลาแซลมอนที่ผ่านการฟอกสีร่วมกับการกำจัด ยางตะกอนด้วยกรดซิตริค 0.3% 44

โครงการวิจัยที่ 2 การสกัดคอลลาเจนและเจลลาตินจากเศษเหลือของการแปรรูปปลาแซลมอน

ภาพที่ 2.1 คอลลาเจนบน 7.5% SDS-PAGE ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0 เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง 63

ภาพที่ 2.2 คอลลาเจนบน 7.5% SDS-PAGE ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.05 เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ72 ชั่วโมง 64

ภาพที่ 2.3 คอลลาเจนบน 7.5% SDS-PAGE ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.10 เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ72 ชั่วโมง 65

ภาพที่ 2.4 คอลลาเจนบน 7.5% SDS-PAGE ที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.15 เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ72 ชั่วโมง 66

ภาพที่ 2.5 คอลลาเจนบน 7.5% SDS-PAGEที่ความเข้มข้นของเอนไซม์ร้อยละ 0.20 เป็นเวลา 0, 12, 24, 48 และ72 ชั่วโมง 67

ภาพที่ 2.6 ความสามารถในการละลายในโซเดียมคลอไรด์ 69

ภาพที่ 2.7 ความสามารถในการละลายใน pH ต่างๆ 70

หน้า

โครงการวิจัยที่ 3 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอนที่ผ่านการแยกน้ำมันออกเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

ภาพที่ 3.1 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (y) กับความเข้มข้นของเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้นของโปรตีน และเวลาในการย่อยสลาย 103

ภาพที่ 3.2 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซท คือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้นของโปรตีน และเวลาในการย่อยสลาย เท่ากับ ร้อยละ 0.50 ร้อยละ 5 และ 125.4545 ตามลำดับ โดยให้ค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูล DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 97.1481 103

ภาพที่ 3.3 กราฟพื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Ferric reducing antioxidant power (%FRAP decrease) (y) กับความเข้มข้นของเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้นของโปรตีน และเวลาในการย่อยสลาย 107

ภาพที่ 3.4 กราฟแสดงสภาวะที่เหมาะในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทคือ ความเข้มข้นของเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้นของโปรตีน และเวลาในการย่อยสลาย เท่ากับ ร้อยละ 2.50 ร้อยละ 15 และ 180 ตามลำดับ ให้ค่า Ferric reducing antioxidant power (%FRAP decrease) สูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 49.1273 107

ภาพที่ 3.5 ผลของชนิดเอนไซม์ทางการค้า 4 ชนิดต่อระดับการย่อยสลาย (% DH) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน ความเข้มข้น 15% ย่อยด้วยเอนไซม์ Alcalase Flavourzyme Neutrase และProtamex ความเข้มข้น 2.5% เป็นเวลา 0 20 40 60 120 180 240 และ 300 นาที 109

ภาพที่ 3.6 ระดับการย่อยสลาย ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง 111

ภาพที่ 3.7 ระดับการย่อยสลาย ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง 111

หน้า

ภาพที่ 3.8	ระดับการย่อยสลาย ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Protamex ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง	112
ภาพที่ 3.9	กิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง	114
ภาพที่ 3.10	กิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง	114
ภาพที่ 3.11	กิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Protamex ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง	115
ภาพที่ 3.12	ค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Alcalase ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 1 ถึง 5 ชั่วโมง	117
ภาพที่ 3.13	ค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 0 20 40 60 120 180 240 และ 300 นาที	117
ภาพที่ 3.14	ค่า Ferric reducing antioxidant power (FRAP) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Protamex ความเข้มข้น 0.05 0.5 1.5 และ 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลา 0 20 40 60 120 180 240 และ 300 นาที	118
ภาพที่ 3.15	ผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุล (>10 kDa, 5-10 kDa และ <5 kDa) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อค่าการยับยั้งกิจกรรมของ Angiotensin-I converting enzyme (ACE) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขนาดน้ำหนักโมเลกุล	120

หน้า

ภาพที่ 3.16 ผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุล (>10 kDa, 5-10 kDa และ <5 kDa) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อค่ากิจกรรมการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ขนาดน้ำหนักโมเลกุล 121

ภาพที่ 3.17 ผลของขนาดน้ำหนักโมเลกุล (>10 kDa, 5-10 kDa และ <5 kDa) ของโปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือส่วนท้องปลาแซลมอน โดยเอนไซม์ Flavourzyme ความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ต่อค่า Ferric reducing antioxidant activity แสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 121

โครงการวิจัยที่ 4.1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องจากเศษเหลือส่วนท้องของปลาแซลมอนจากอุตสาหกรรมปลาแช่แข็ง

ภาพที่ 4.1.1 ปลาแซลมอนแอตแลนติก (*Salmo salar*) 151

ภาพที่ 4.1.2 การวัดจุดที่ร้อนช้าที่สุดในอาหารกระป๋องที่บรรจุอาหารแข็งและเหลว 156

ภาพที่ 4.1.3 กราฟค่า D 158

ภาพที่ 4.1.4 กราฟค่า Z 159

ภาพที 4.1.5 ขั้นตอนการผลิตท้องปลาแซลมอนย่างซอสเทอริยากิและท้องปลาแซลมอนย่างในน้ำแดงบรรจุกระป๋อง 178

ภาพที่ 4.1.6 ผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิและในซอสน้ำแดงบรรจุกระป๋อง 181

ภาพที่ 4.1.7 อุปกรณ์และการติดตั้งเข็มวัดอุณหภูมิคู่ควบ (thermocouple) 182

ภาพที่ 4.1.8 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT), อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสเทอริยากิบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 48 นาที (a) และ 121 °ซ 20 นาที (b) 183

ภาพที่ 4.1.9 อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อ (RT), อุณหภูมิภายในกระป๋อง (CT) และอัตราการทำลาย (lethal rate) ของผลิตภัณฑ์ส่วนท้องปลาแซลมอนย่างในซอสน้ำแดงบรรจุ กระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 °ซ 92 นาที (a) และ 121 °ซ 52 นาที (b) 184

หน้า

โครงการวิจัยที่ 4.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวแบบแผ่นอบกรอบจากเศษเหลือปลาแซลมอน

ภาพที่ 4.2.1ก ผลิตภัณฑ์ข้าวเกรียบปลาแซลมอนจากการทดลองสูตรพื้นฐาน 224

ภาพที่ 4.2.1ข ผลิตภัณฑ์ปลาแซลมอนแผ่นจากการทดลองสูตรพื้นฐาน 224

ภาพที่ 4.2.1ค ผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ปลาแซลมอนจากการทดลองสูตรพื้นฐาน 224

ภาพที่ 4.2.2 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันในแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าว ปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัม/ 100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ 155°C นาน 5.5, 6.0 และ 6.5 นาที 232

ภาพที่ 4.2.3 ค่า a_W และค่าความแข็งของแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าวปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัม/100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ 155°C นาน 5.5, 6.0 และ 6.5 นาที 233

ภาพที่ 4.2.4 ค่าสี CIE L*a*b* ของแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าว ปริมาณ 10, 20 และ 30 กรัม/ 100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ 155°C นาน 5.5, 6.0 และ 6.5 นาที 234

ภาพที่ 4.2.5 ปริมาณความชื้นและปริมาณไขมันในแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าว ปริมาณ 10 กรัม/ 100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ135, 145 และ 155°C นาน 5.5,6.0 และ 6.5 นาที 235

ภาพที่ 4.2.6 ค่า a_W และค่าความแข็งของแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าวปริมาณ 10 กรัม/ 100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ135, 145 และ 155°C นาน 5.5, 6.0 และ 6.5 นาที 236

ภาพที่ 4.2.7 ค่าสี CIE L*a*b* ของแครกเกอร์ปลาแซลมอนที่เติมน้ำมันรำข้าว ปริมาณ 10 กรัม/100 กรัมแป้ง อบที่อุณหภูมิ135, 145 และ 155°C นาน 5.5, 6.0 และ 6.5 นาที 237

โครงการวิจัยที่ 4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดพร้อมดื่ม

ภาพที่ 4.3.1 เนื้อท้องปลาแซลมอนด้านใน 266

ภาพที่ 4.3.2 เนื้อท้องปลาแซลมอนด้านนอก 266

ภาพที่ 4.3.3 เนื้อปลาแซลมอนที่ผ่านการบดแล้ว 267

ภาพที่ 4.3.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ 268

ภาพที่ 4.3.5 ตัวอย่างที่ผ่านการย่อยและนำไปหมุนเหวี่ยง 268

ภาพที่ 4.3.6 Fish Protein Hydrolysate (FPH) จากเนื้อปลาแซลมอน 268

ภาพที่ 4.3.7 แผนภาพการทำโปรตีนไฮโดรไลเซตและการหาระดับการย่อยที่เหมาะสม 269

		หน้า
ภาพที่ 4.3.8	A-กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและความเข้มข้นต่อค่า DH; B-กราฟแสดงอิทธิพลของอุณหภูมิและระยะเวลาต่อค่า DH; C-กราฟแสดงอิทธิพลของความเข้มข้นและระยะเวลาต่อค่า DH	277
ภาพที่ 4.3.9	อุณหภูมิภายในเครื่องฆ่าเชื้อและอุณหภูมิภายในกระป๋องของผลิตภัณฑ์ซุปปลาแซลมอนสกัดบรรจุกระป๋อง ฆ่าเชื้อที่ 116 องศาเซลเซียส 17 นาที	283

โครงการวิจัยที่ 5 การศึกษาวิธีการสกัดกรดไฮยาลูโรนิกจากเศษเหลือปลาแซลมอน

ภาพที่ 5.1	ผลผลิตปลาแซลมอนของประเทศที่สำคัญของโลกในปี 2544-2555	311
ภาพที่ 5.2	ปริมาณการนำเข้า-ส่งออกปลาแซลมอนและผลต่างใน ปี 2550 – 2554	312
ภาพที่ 5.3	มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกปลาแซลมอนและผลต่างในปี 2550 - 2554	312
ภาพที่ 5.4	วิธีการสกัดกรดไฮยารูโรนิกโดยวิธีของดัดแปลงมาจาก Murado *et al.* (2012)	326
ภาพที่ 5.5	รูปที่ A-E ขั้นตอนการสกัดกรดไฮยารูโรนิกโดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Murado *et al.* (2012)	327
ภาพที่ 5.6	วิธีการสกัดกรดไฮยารูโรนิกโดยวิธีของดัดแปลงมาจาก Amagai *et al.* (2009)	328
ภาพที่ 5.7	รูปที่ A-L ขั้นตอนการสกัดกรดไฮยาลูโรนิกด้วยวิธีของAmagai *et al.* (2009)	330
ภาพที่ 5.8	A และ B อิเล็กโทรโฟลิซีสของกรดไฮยาลูโรนิกจากเศษเหลือของปลาแซลมอนแอตแลนติกและปลาเรนโบว์เทราต์ โดยดัดแปลงมาจากวิธีของ Amagai *et al.*(2009) และ Murado *et al.* (2012)	332