รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกะตอยด้วยเอนไซม์ และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น

Production of protein hydrolysate from Beka squid by enzymes and its application in thick sauce

อ.ดร.นิสานารถ กระแสร์ชล	หัวหน้าโครงการวิจัย
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	ผู้ร่วมวิจัย
อ.ดร.สิริมา ชินสาร	ผู้ร่วมวิจัย

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ (เพิ่มเติม)
มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ 28/2559

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกะตอยด้วยเอนไซม์ และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น

Production of protein hydrolysate from Beka squid by enzymes and its application in thick sauce

อ.ดร.นิสานารถ กระแสร์ชล	หัวหน้าโครงการวิจัย
ผศ.ดร.วิชมณี ยืนยงพุทธกาล	ผู้ร่วมวิจัย
อ.ดร.สิริมา ชินสาร	ผู้ร่วมวิจัย

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มีนาคม 2559

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 28-2559 คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัย ได้แก่ นางสาวปริยฉัตร รำเพย และ นายจิรวัฒน์ แดงใจ ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่สำหรับการทำงานวิจัย รวมถึงขอขบคุณเจ้าหน้าและนิสิตภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

หากงานวิจัยนี้มีความดีอันได้บังเกิด ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา พี่ ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกระตอยด้วยเอนไซม์และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น ขั้นตอนแรกศึกษาอัตราส่วนหมึกต่อน้ำโดยแปรเป็น 1:1 และ 1:2 ระยะเวลาในการย่อยสลายที่ 1 3 และ 5 ชั่วโมง และปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึกทั้งเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน พบว่าเมื่ออัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกเพิ่มขึ้น โดยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเมื่อใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาในการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง และปริมาณของเอนไซม์ร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อหมึก ส่วนโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเมื่อใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง และปริมาณของเอนไซม์ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก จึงนำโปรตีนไฮโดรไลเสทมาผลิตเป็นซอสหมึกเพื่อศึกษาผลของชนิดเอนไซม์ที่มีต่อคุณภาพซอสหมึก โดยใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายจากเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนปริมาณ 30 กรัม พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์ปาเปนมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี a* และคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้รับคะแนนความชอบ (ด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นหมึก) สูงสุด จากนั้นศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพซอสหมึกโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง การแยกชั้นและค่าสี L* เพิ่มขึ้น แต่ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืดและค่าสี a* ลดลง ซึ่งจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 40 กรัมได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดโดยคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง จากนั้นนำซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 40 กรัม มาศึกษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าซอสหมึกมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 10 เดือน และจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าซอสหมึกได้รับคะแนนความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับซอสหอยนางรมทางการค้า สำหรับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีพบว่าซอสหมึกมีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้นและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 3.26 0.34 13.75 68.95 และ 13.70 ตามลำดับ

Abstract

Production of protein hydrolysate from Beka squid by enzymes and its application in thick sauce was studied. Protein hydrolysate which added the ratio of squid to water was varying from 1:1 and 1:2 and time of hydrolyze was varying from 1, 3 and 5 hours and amount of enzymes was varying from 0.5, 1 and 1.5% w/w of squid by enzymes Alcalase and Papain. It was found that the amount of the ratio of squid to water and time of hydrolyze increased, total nitrogen in protein hydrolysate were increased. Protein hydrolysate with the ratio of squid to water 1:2 and time of hydrolyze 3 hours and amount of enzymes 1% w/w of squid by enzyme Alcalase obtained highest total nitrogen and protein hydrolysate with the ratio of squid to water 1:2 and time of hydrolyze 5 hours and amount of enzymes 1.5% w/w of squid by enzyme Papain obtained highest total nitrogen. Then, the effect of type enzyme were added protein hydrolysate 30 g from Alcalase and Papain in squid sauce. It was found that squid sauce from enzyme Papain obtained highest pH, a* appearance and order. After that, the effect of amount of protein hydrolysate was varying 30, 40, 50 and 60 g. It was found the amount of protein hydrolysate increased, pH, SL and L* increased. By the way total solid, viscosity and a* decreased. The squid sauce with 40 g protein hydrolysate was obtained highest overall liking score at moderately. Finally, the effect of storage time on quality of squid sauce was studied. It was found that, the squid sauce had storage time not lower than 10 months. The chemical position of squid sauce was protein 3.26%, fat 0.34%, ash 13.75%, moisture 68.95% and carbohydrate 13.70%.

สารบัญ

หน้า
กิตตกรรมประกาศ.. ก
บทคัดย่อ.. ข
Abstract.. ค
สารบัญ.. ง
สารบัญตาราง.. จ
สารบัญภาพ.. ซ
บทที่
1 บทนำ.. 1
2 การตรวจเอกสาร.. 3
3 วิธีดำเนินการทดลอง.. 23
4 ผลการทดลองและวิจารณ์.. 40
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.. 78
บรรณานุกรม.. 80
ภาคผนวก 86
ประวัตินักวิจัย.. 117

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 ส่วนผสมในการทำซอสหอยนางรม.......... 20

3-1 อัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยเอนไซม์อัลคาเลส.......... 25

3-2 ปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 27

3-3 อัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยเอนไซม์ปาเปน.......... 29

3-4 ปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท.......... 30

3-5 ส่วนประกอบของซอสหมึก.......... 32

3-6 ส่วนประกอบในการผลิตซอสหมึก.......... 34

4-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการแปรปัจจัยด้านอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์ปาเปน.......... 41

4-2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ระดับ 1 3 และ 5 ชั่วโมง.......... 42

4-3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 1.5.......... 44

4-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการแปรปัจจัยด้านอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์ปาเปน.......... 45

4-5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ระดับ 1 3 และ 5 ชั่วโมง.......... 46

4-6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ปาเปนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 1.5.......... 48

4-7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 50

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4-8 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 50

4-9 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 51

4-10 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 52

4-11 ค่าสีของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 53

4-12 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน.......... 55

4-13 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ.......... 56

4-14 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ.......... 57

4-15 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ.......... 58

4-16 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ.......... 59

4-17 ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ...... 60

4-18 คะแนนความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆ ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ.......... 63

4-19 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์.......... 64

4-20 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์....... 65

4-21 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์.......... 66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4-22	ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์...........................	67
4-23	ค่าสีของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์...	68
4-24	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่ตรวจพบในซอสหมึกใน ระยะเวลา 10 เดือน...	69
4-25	องค์ประกอบทางเคมีของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า...........................	71
4-26	แสดงค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า	75
4-27	เปรียบเทียบคะแนนความชอบคุณลักษณะของซอสหมึกและซอสหอยนางรม ทางการค้า..	77

สารบัญภาพ

ตารางที่ หน้า

3-1 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลส.. 26

3-2 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลส 27

3-3 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปน.. 29

3-4 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรปริมาณของเอนไซม์ปาเปน........ 31

3-5 ขั้นตอนการผลิตซอสหมึกโดยศึกษาชนิดของเอนไซม์.. 32

3-6 ขั้นตอนการผลิตซอสหมึกโดยศึกษาปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท.............................. 35

4-1 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า 72

4-2 แสดงค่าปริมาณของแข็งของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า..... 73

4-3 แสดงค่าความหนืดของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า............. 74

4-4 แสดงค่าการแยกชั้นของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า............ 75

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของโครงงานวิจัย

ซอส (Sauce) จัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความสำคัญมากอีกประเภทหนึ่ง อาจใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงรสอาหารและยังเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ช่วยชูรสหรือช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคอยากบริโภคมากขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) ซอสหอยนางรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อหอยนางรมมาบดให้ละเอียดแล้วทำให้สุกหรือใช้หอยนางรมสกัดมาผสมกับเครื่องปรุงรสเช่น ซอสปรุงรส ซีอิ๊ว น้ำตาล และส่วนประกอบอื่น เช่น แป้งดัดแปร ต้มให้เดือดบรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อนแล้วทำให้เย็นทันที (นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป.) ปัจจุบันซอสหอยนางรม (Oyster sauce) หรือน้ำมันหอยเป็นเครื่องปรุงรสที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างแพร่หลาย การผลิตซอสหอยในประเทศไทยจะผลิตโดยการสั่งซื้อหัวเชื้อน้ำมันหอยจากต่างประเทศเข้ามาและนำมาเจือจางหรือการผลิตจากหอยสกัดโดยการใช้กรดหรือเอนไซม์ย่อยโปรตีนหอยให้อยู่ในรูปของโปรตีนที่ละลายได้แล้วนำมาปรุงแต่ง สี กลิ่น รสชาติ ก่อนบรรจุขวดออกจำหน่าย (ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก, 2533) ซึ่งโปรตีนที่ถูกย่อยด้วยกรดหรือเอนไซม์แล้วจะเรียกว่า “โปรตีนไฮโดรไลเสท” คือ โปรตีนที่พันธะเปปไทด์ถูกสลายให้ได้เป็นกรดอะมิโนหรือเปปไทด์สายสั้นๆ มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรตีนไฮโดรไลเสทมากมาย เช่น การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส (ศิริพร ไชยสงคราม, 2557) การทำน้ำบูดูปรุงรสที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของวัสดุเศษเหลืออาหารทะเลแช่เยือกแข็ง (กาญจนารัตน์ อรุณนัตน์, 2554) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเศษเหลือปลาและสภาวะการย่อยเครื่องในปลาทับทิมด้วยเอนไซม์ปาเปน (พิริยา ไรเกษ และคณะ, 2554) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเลือดสุกร (สิวิกา กิจสวัสดิ์ และนงพะงา คุณจักร, 2549) และยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตซอสชนิดต่างๆ เพื่อที่จะหาวัตถุดิบมาทดแทนหอยนางรม เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสหอยแครง (วรรณบดี เอกปิยะกุล, 2549) การศึกษาเปรียบเทียบการใช้กรดและเอนไซม์ในการทำซอสหอยนางรมและหอยแมลงภู่ (ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก, 2533) แต่ยังไม่มีงานวิจัยที่ใช้หมึกในการทำซอส ซึ่งหมึกเป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติดีในหลายๆ ด้าน ได้แก่ เป็นแหล่งของโปรตีนมีปริมาณเท่ากับ 15.2% (สำนักโภชนาการ กระทรวงสาธารณะสุข, 2550) มีกลิ่นเฉพาะตัว และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค โดยกลิ่นของหมึกอาจเป็นสิ่งที่ทำให้ได้ซอสที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและลักษณะเนื้อสัมผัสของหมึกอาจช่วยเพิ่มความหนืดให้กับซอสได้ การใช้หมึกยังเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค อีกทั้งสถานที่ทำการวิจัยอยู่ใกล้กับทะเลจึงมีหมึกให้เลือกหลายชนิด ได้แก่ หมึกกระดอง หมึกกล้วย หมึกสาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้หมึกกระตอย เนื่องจากมีราคาถูกกว่าหมึกชนิดอื่น

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้หมึกกระตอยในการผลิตซอส ซึ่งคาดว่าจะได้ผลิตภัณฑ์ซอสที่มีคุณสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับซอสหอยนางรมที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาย่อยสลาย ปริมาณและชนิดของเอนไซม์ต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก
2. เพื่อศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพของซอสหมึก
3. เพื่อศึกษาคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษา
4. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซอสหมึก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลาย ปริมาณและชนิดของเอนไซม์ที่มีต่อโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก
2. ทราบปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทต่อคุณภาพของซอสหมึก
3. ทราบคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษา
4. ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของซอสหมึก

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

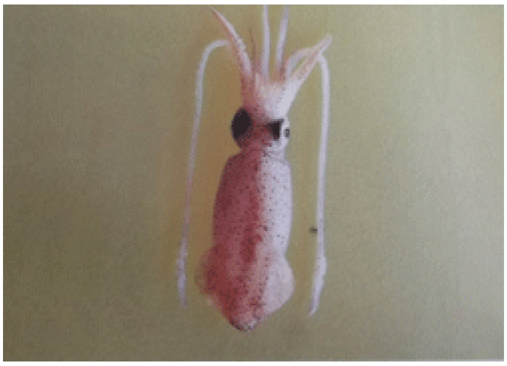
หมึก

หมึกเป็นสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลังที่มีขนาดใหญ่เคลื่อนที่ได้รวดเร็วและว่องไว มีหนวดรอบปาก 4-5 คู่ บนหนวดมีปุ่มดูดเรียงเป็นแถวมีหน้าที่จับเหยื่อป้อนเข้าปาก เป็นสัตว์ที่มีอยู่ในไฟลัมมอลลัสกาชั้นเซฟาโลพอดซึ่งเป็นชั้นของสัตว์ที่มีลำตัวอ่อนนิ่ม หมึกจัดเป็นสัตว์น้ำอีกประเภทหนึ่งที่คนส่วนใหญ่คิดว่าเป็นปลาแต่จริงๆ แล้วหมึกไม่ใช่ปลา ดังนั้นหากเรียกว่าปลาหมึกจึงนับได้ว่าไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ หมึกมีส่วนหัวเจริญดีมีตามองเห็นภาพได้ มีขากรรไกรและแผ่นลิ้น กล้ามเนื้อเท้าเปลี่ยนแปลงเป็นหนวดที่มีปุ่มดูด มีเหงือก 1-2 คู่ ระบบหมุนเวียนโลหิตเป็นแบบวงจรปิด พบอาศัยในทะเล ได้แก่ หมึกกระดอง ที่สำคัญทางเศรษกิจ มีอยู่ 2 สกุล คือ *Spia officinalis* และ *S. esculenta* ลักษณะสำคัญของหมึกกระดองคือ ลำตัวยาว มีหนวดสั้น 8 เส้น มีหนวดยาว 2 เส้น ภายในตัวมีกระดอง ซึ่งถ้าเอาออกมานอกตัวแล้ว เรียกว่า ลิ้นทะเล นอกจากนี้ยังมีหมึกสาย *(Octapes valgaris)* ลักษณะลำตัวสั้น มีหนวดอยู่รอบๆ ปาก 8 เส้น นิยมนำมาแปรรูปเป็นหมึกแห้งใส่เกลือและรมควัน และยังมีหมึกอีกชนิดที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ หมึกกล้วย *(Lalliga edulis)* มีลักษณะลำตัวยาว แต่ไม่มีกระดองเหมือนกับหมึกกระดอง และหมึกหอม *(Sepistenthis lessoniana)* มีลักษณะลำตัวรูปทรงกระบอก ครีบทั้งสองข้างมีลักษณะกว้างและแบน บาง เกือบตลอดลำตัว กระดองเป็นแผ่นใสดูบาง มองเห็นเส้นกลางกระดองได้อย่างชัดเจน มีหนวดรอบปาก 10 เส้น เป็นแขน 3 เส้น มีหนวดคู่ยาว 2 เส้น ลักษณะลำตัวใส มีสีน้ำตาลเข้มอมแดงประเป็นจุดอยู่ทั่วไป หมึกมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 13-16 ในการบริโภค นิยมนำมาทำแห้งและบดให้ขาดจากกัน อบกรอบ ปรุงรสเป็นอาหารว่าง หรือนำมาบริโภคสด หรือปรุงให้สุกก่อนการบริโภค หมึกทุกชนิดสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ แต่เมื่อตายลงไปแล้ว เม็ดสีอาจก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการแปรรูปได้ ภายในลำตัวหมึกมีถุงเม็ดสี (Chromatophore) เป็นภาชนะบรรจุสารให้สีอยู่ตามผิวของลำตัว ประกอบด้วยเซลล์เนื้อเยื่อที่สามารถขยายตัวได้โดยการควบคุมของระบบประสาท เมื่อได้รับแสงสว่างกล้ามเนื้อที่ติดอยู่กับผนังเซลล์ในสภาพพักตัว ถุงเม็ดสีจะมีขนาดเล็กกลม เม็ดสีจะมีปริมาณเล็กมาก ทำให้ผิวหมึกมีสีจางลง แต่เมื่ออยู่ในสภาพที่มีแสงสว่างน้อย ผนังถุงเม็ดสีจะเปิดกว้างทำให้เม็ดสีมีขนาดใหญ่ สีของลำตัวหมึกเข้มขึ้น แต่หลังจากที่หมึกตายลงไป สมองสามารถควบคุมการทำงานได้ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้หลายประการ เช่น การเปลี่ยนแปลงจากสีเข้มเป็นสีจางภายหลังจากที่ตายใหม่ๆ (ภายใน 1 ชั่วโมง) การที่เม็ดสีแตกทำให้หมึกมีสีแดง เป็นต้น (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550)

ปลาหมึกไม่ใช่ปลา แต่เจริญเติบโตในทะเล จัดเป็นสัตว์น้ำเช่นเดียวกับปลาจึงเรียกได้ทั้ง "ปลาหมึก" หรือ "หมึก" ปลาหมึกได้จากการจับจากทะเล ชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ หมึกกระดอง (Cuttlefish) หมึกกล้วย (Squid) และหมึกสาย (Octopus) ปลาหมึกสดต้องมีสภาพสมบูรณ์มีหนวดครบ 8 เส้น (หมึกสาย) หรือ 10 เส้น (หมึกกระดองและหมึกกล้วย) ตัวใส เป็นเงามัน ถ้าสดมากเม็ดสีจะเคลื่อนไหวได้ ขณะมีชีวิตหัวติดแน่น ลำตัวมีสีขาว เนื้อสัมผัสแน่น ปราศจากกลิ่น

หรือมีกลิ่นตามธรรมชาติของสายพันธุ์ เมื่อความสดลลดลง หัวกับลำตัวจะแยกกันเล็กน้อย บนลำตัวจะมีจุดสีม่วงประปราย ด้านหลังของลำตัวมีสีส้มอ่อนปนเขียวอ่อนและม่วงอ่อน หัวและด้านในลำตัวมีสีขาวขุ่นเล็กน้อย มีกลิ่นคาวเล็กน้อยตามธรรมชาติของสายพันธุ์ เมื่อทำให้สุกมีกลิ่นคล้ายกุ้ง เนื้อสัมผัสแน่นยืดหยุ่น มีรสชาติดี เนื้อหวานน้อยกว่ากุ้ง (คณาจารย์ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, 2558)

หมึกกระตอย ชื่ออังกฤษ Beka squid ชื่อวิทยาศาสตร์ *Nipponololigo beka* (Sasaki, 1929) หมึกชนิดนี้มีขนาดเล็ก ลำตัวสั้น ส่วนท้ายเรียว ครีบเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแต่มุมค่อนข้างมนความยาวมากกว่าร้อยละ 50 ของความยาวลำตัว มีกระดองเป็นแผ่นใสๆ (Pen) สีขาวอมเขียว มีจุดสีแดงเข้มกระจายอยู่ทั่วตัว หนวดและแขน ขนาดใหญ่ที่สุดยาว 7 เซนติเมตร แหล่งอาศัยพบทั้งในอ่าวไทยและฝั่งอันดามัน ประโยชน์นำมาแปรรูปเป็นหมึกตากแห้ง (ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษธานี, ม.ป.ป.) องค์ประกอบทางเคมีของหมึก ได้แก่ โปรตีนร้อยละ 16.24 ไขมันร้อยละ 0.7 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.82 ความชื้นร้อยละ 80.56 และเถ้าร้อยละ 1.68 (นิธิยา รัตนาปนนท์, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 2-1 หมึกกระตอย
ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษธานี (ม.ป.ป.)

โปรตีนไฮโดรไลเสท

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีทของโปรตีน โดยการตัดสายเปปไทด์ที่มีสายโซ่ยาวให้เป็นกรดอะมิโนหรือเปปไทด์สายสั้นๆ การเร่งปฏิกิริยาสามารถทำได้โดยการใช้กรด-ด่าง หรือเอนไซม์ (Adler-Nessen, 1986)

การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยทั่วไปทำได้ 3 วิธี ได้แก่

1. การเกิดตามธรรมชาติ

การเกิดโปรตีนไฮโดรไลเสทตามธรรมชาติอาศัยกระบวนการย่อยสลายตัวเอง (Autolysis) อันเกิดจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อยู่ในลำไส้และเอนไซม์ของพวกกล้ามเนื้อ ตัวอย่างประเภทนี้ได้แก่ น้ำจากปลาที่กำจัดไขมันออก (Stick water) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปลาป่น (พูนสุข ประเสริฐสรรพ์, 2542)

2. การย่อยสลายด้วยสารเคมี แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

2.1 การไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ในการทำซอสปรุงรสจัดเป็นการไฮโดรไลซ์โปรตีนบางส่วน (Partial hydrolysis) เท่านั้น ของเหลวที่ได้หลังจากการย่อยวัตถุดิบด้วยกรดจะมีรสเปรี้ยว ไม่สามารถบริโภคได้ทันที จะต้องนำมาปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 5.0-6.2 กรดจะถูกกำจัดออกไปในรูปของเกลือและน้ำ ปัญหาของการใช้กรดในการไฮโดรไลซ์ ได้แก่ การเกิดปฏิกิริยา Maillard reaction ในระหว่างกระบวนการ โดยเกิดจากการรวมตัวกันของสารประกอบคาร์บอนิลกับสารประกอบกลุ่มเอมีน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน เป็นต้น สารประกอบดังกล่าวจะรวมตัวกับน้ำตาลหรืออนุพันธ์ของน้ำตาล เช่น การรวมตัวกันของกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophane) กับคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในวัตถุดิบทำให้เกิดตะกอนสีดำ (Black humin) ในระหว่างการไฮโดรไลซ์ นอกจากนี้การไฮโดรไลซ์ด้วยกรดอาจทำลายกรดอะมิโนบางชนิด ได้แก่ ทริปโตเฟนและซีสเตอีนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของโปรตีน อุณหภูมิ ระยะเวลา และความเข้มข้นของโปรตีนในการย่อย (Roxan & Konrad, 1959)

2.2 การไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง การไฮไดรไลซ์โปรตีนโดยใช้ด่าง มีมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1938 แต่เนื่องจากการไฮโดรไลซ์ด้วยด่างจะทำลายกรดอะมิโนบางชนิด คือ อาร์จินีน ซีรีน ทรีโอนีน ซีสตีน และซีสเตอีน จึงมีการใช้อยู่ในวงจำกัดและมีกฎเกณฑ์เฉพาะ ปัจจุบันด่างที่ใช้ไฮโดรไลซ์โปรตีน คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือแบเรียมไฮดรอกไซด์ ($Ba(OH)_2$) พบว่า การไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ ให้อัตราการย่อยสลายได้ดีและเร็วกว่าแบเรียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.2 โมลาร์ แม้จะพบว่าทริปโตเฟนสลายตัวน้อยแต่มีโอกาสที่กรดอะมิโนบางชนิดจะเปลี่ยนโครงรูปจาก L-form ไปเป็น D-form ซึ่งร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ได้ (Peterson, 1994)

3. การย่อยสลายด้วยเอนไซม์

การย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะให้ปริมาณเปปไทด์สูงสุด เนื่องจากเอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้น ความเป็นกรด-ด่าง ความคงทนต่อความร้อน และมีความจำเพาะต่อตัวกระตุ้นและยับยั้ง จึงสามารถเลือกใช้ชนิดของเอนไซม์ได้ตามความเหมาะสม การย่อยด้วยวิธีนี้จะมีผลดีกว่าการใช้กรดหรือด่าง เนื่องจากเอนไซม์จะเข้าทำปฏิกิริยาบริเวณพันธะเปปไทด์ที่มีกรดอะมิโนแต่ละชนิดจับกันโดยไม่ทำลายกรดอะมิโนและไม่พบเกลือปริมาณมากที่เกิดจากการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลาง หลังจากการทำปฏิกิริยา แต่อาจจะมีข้อเสีย คือ โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้อาจมีรสขม ไม่เป็นที่ยอมรับ (Light & Smith, 1963 ; Brody, 1965) Hall and Ahmad (1992) รายงานว่ารสขมที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทนั้นเกิดจากกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ เช่น ไอโซลิวซีน ลิวซีน ฟินิลอะลานีน ทริปโตเฟน และวาลีน เป็นต้น กรดอะมิโนที่อยู่รวมกันเป็นเปปไทด์จะให้รสขมมากกว่าเมื่อกรดอะมิโนอยู่อิสระ ความยาวของ

เปปไทด์มีความสำคัญต่อการเกิดรสขมและรสขมจะลดลงเมื่อมีจำนวนหมู่ที่ไม่ชอบน้ำน้อยกว่า 3 หมู่ในสายเปปไทด์ นอกจากนี้รสขมที่เกิดขึ้นยังมีความสัมพันธ์กับค่าความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobicity) ของสายเปปไทด์ ถ้าสายเปปไทด์ใดมีค่าไม่ชอบน้ำมากกว่า 5.85 กิโลจูลต่อโมล จะให้รสขมแต่ถ้าสายเปปไทด์ใดมีค่าความไม่ชอบน้ำน้อยกว่า 5.43 กิโลจูลต่อโมล จะไม่ก่อให้เกิดรสขม ความเข้มข้นของรสขมที่เกิดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนในสายเปปไทด์และชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสที่ใช้ (Damodaran, 1996) อย่างไรก็ตามรสขมที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทอาจแก้ปัญหาได้โดยการบังรสขมในผลิตภัณฑ์ เช่น การเติมน้ำตาลซูโครส (Mahesh et al., 1993) หรือโดยการกำจัดรสขมที่เกิดขึ้น เช่น การใช้เอนไซม์โปรตีเอสชนิดอื่นร่วมกับเอนไซม์เอนโด-เพปทิเดสในการย่อยสลายโปรตีน (Kristinsson & Rasco, 2000)

เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของสารประกอบโปรตีน เรียกว่า โปรติ-โอไลติกเอนไซม์ (Proteolytic enzyme) หรือโปรติเนส (Proteinase) ทำให้ได้เปปไทด์สายสั้นๆ เอนไซม์ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ ได้แก่ เปปซิน (Pepsin) ทริปซิน (Trypsin) โบรมิ-เลน (Bromelain) ปาเปน (Papain) อัลคาเลส (Alcalase) นิวเทรส (Neutrase) เป็นต้น แหล่งของเอนไซม์โปรติเอสที่สำคัญ คือ พืชและสัตว์ เช่น เอนไซม์เรนนิน ซึ่งสกัดได้จากกระเพาะลูกวัว ปาเปน โบรมิเลน และฟิซิน เป็นเอนไซม์จากพืช ไคโมทริปซินเอ ได้จากตับอ่อนของหมู

ปัจจุบันมีการสกัดเอนไซม์จากจุลินทรีย์มาใช้ทดแทนจากแหล่งอื่น เนื่องจากต้นทุนในการผลิตต่ำ (Loffler, 1986) โดยเอนไซม์แต่ละชนิดส่วนใหญ่มีความคงตัวที่อุณหภูมิประมาณ 30-40 °C (Bailley, 1967) การไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส โปรตีนจะถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นเปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ

สำหรับกระบวนการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทโดยใช้เอนไซม์ภายหลังการไฮโดรไลซ์โปรตีนด้วยเอนไซม์หรือการย่อยสลายโปรตีนที่ระดับการย่อยสลายที่ต้องการแล้วจำเป็นที่จะต้องยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพื่อไม่ให้เกิดการย่อยสลายของโปรตีนต่อไปอีก ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง และการให้ความร้อน (Kristinsson & Rasco, 2000) สำหรับการควบคุมความเป็นกรด-ด่างนั้นทำได้โดยควบคุมให้อยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ (Shahidi et al., 1995) ส่วนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการให้ความร้อนนั้น ส่วนใหญ่จะกระทำที่อุณหภูมิ 75-100 °C นาน 5-10 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานความร้อนของเอนไซม์แต่ละชนิด แต่การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ด้วยความร้อนนี้อาจจะมีผลทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติและตกตะกอน (Kristinsson & Rasco, 2000) หรืออาจใช้วิธีการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการให้ความร้อนร่วมกับการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (Onodenalore & Shahidi, 1996)

การย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ (ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539)

เป็นขั้นตอนการเติมสารละลายเอนไซม์โปรตีเอสลงในของผสมระหว่างวัตถุดิบและน้ำหรือสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรตีเอสนั้นมีปัจจัยหลายประการเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่

1. วัตถุดิบ

ลักษณะของวัตถุดิบ ได้แก่ ชนิดของวัตถุดิบ วิธีการเตรียม รวมถึงความเข้มข้นของวัตถุดิบล้วนแต่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรตีเอสทั้งสิ้น เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันทั้งชนิดของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบ ลำดับกรดอะมิโนในสายโปรตีนและขนาดของโปรตีน เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติเชิงหน้าที่ที่แตกต่างกัน การเตรียมวัตถุดิบให้เหมาะสมต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เช่น การสับ การบดลดขนาดถือเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นเนื่องจากเป็นการช่วยให้เอนไซม์สามารถทำงานได้ดีขึ้น แต่การให้ความร้อนแก่โปรตีนและการสกัดไขมันออกจากวัตถุดิบด้วยวิธีทางกายภาพและทางเคมีก่อนการย่อยสลายจะทำให้โปรตีนเกิดการต่อต้านการย่อยสลายด้วยเอนไซม์และปริมาณผลผลิตที่ได้ลดลง (Hoyle & Merritt, 1994)

2. เอนไซม์

เอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท คือ เอนไซม์ในกลุ่มโปรตีเอส (Hall & Ahmad, 1992) ซึ่งปัจจัยทางด้านเอนไซม์ที่มีบทบาทต่อการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสท คือ ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์โปรตีเอสที่นำมาใช้ในการย่อยสลายโปรตีน เนื่องจากส่งผลให้ได้ปริมาณและคุณสมบัติของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่แตกต่างกัน

โปรติเอสจัดเป็นเอนไซม์ที่นำมาใช้ในปริมาณสูงสุดสำหรับอุตสาหกรรมอาหารตลอดทั้งอุตสาหกรรมและในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เอนไซม์สูงสุดด้วย ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่ใช้โปรติเอสทั้งโดยตรงและโดยอ้อมได้แก่ อุตสาหกรรมเนยแข็ง เบียร์ ธัญชาติ สารปรุงแต่งกลิ่นรส รวมทั้งอุตสาหกรรมอื่นที่ไม่ใช่อาหารเช่น อุตสาหกรรมฟอกหนัง ผงซักฟอก กระดาษ เยื่อกระดาษและอาหารสัตว์ เป็นต้น

2.1 ชนิดของเอนไซม์โปรตีเอส

การแบ่งชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสสามารถแบ่งได้หลายชนิดขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้การแบ่ง เช่น แบ่งตามความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการย่อยสลายหรือแบ่งตามทิศทางในการย่อยสลาย

2.1.1 แบ่งตามความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการย่อยสลาย

เมื่อแบ่งตามความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมในการย่อยสลายอาจแบ่งชนิดของเอนไซม์ดปรตีเอสได้เป็น 3 ชนิด คือ แอซิดโปรตีเอส (Acid protease) นิวทรัลโปรตีเอส (Neutral protease) และอัลคาไลน์โปรตีเอส (Alkaline pratease) (Adler-Nissen, 1986)

2.1.2 แบ่งตามลักษณะการตัดบนสายโพลีเปปไทด์

เมื่อแบ่งตามทิศทางการย่อยสลายอาจแบ่งชนิดของเอนไซม์โปรตีเอสได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- Endopeptidase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ภายในโมโลกุลของโปรตีน เอนไซม์กลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสูง เนื่องจากมีความจำเพาะแบบกว้างทำให้สามารถย่อยโปรตีนได้อย่างรวดเร็ว เช่นอัลคาเลสซึ่งผลิตจากเชื้อจุลินทรีย์ชนิด *Bacillus subtillis* ซึ่ง Yu and Tan (1990) พบว่า การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเนื้อปลาโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสจะไม่ทำให้เกิดรสขม
- Exopeptidase เป็นเอนไซม์ที่ย่อยสลายพันธะเปปไทด์ด้านปลายของโมเลกุลโปรตีน ถ้าเป็นการสลายพันธะทางปลายด้านกลุ่มกรดอะมิโน เรียกว่า aminopeptidase ขณะที่ถ้าเป็นการสลายพันธะทางปลายด้านกลุ่มคาร์บอกซิล เรียกว่า carboxylpeptidase

2.1.3 แบ่งตามหมู่ทางชีวเคมีที่อยู่ในบริเวณเร่งของเอนไซม์

- เซรีนโปรติเอส (Serine protease) มีอนุมูลเซรีน (Ser) บริเวณเร่งมีลักษณะเป็นเอนโดโปรตีเอส และแอลคาไลน์โปรตีเอส เช่น ทริปซิน, ซับทีไลซิน
- ซัลไฮดริลโปรติเอส (Sulfhydryl proteases) มีอนุมูลซีสเตอีน (Cys) ในบริเวณเร่งมีลักษณะเป็นเอนโดโปรติเอสและนิวทรัลโปรติเอส ได้แก่ ปาเปน โบรมิเลน
- โปรติเอสที่มีอิออนโลหะเป็นองค์ประกอบ มีลักษณะเป็นเอกโซโปรติเอส และนิวทรัลโปรติเอส ได้แก่ คาร์โนสิเนสและโปรลิเดส
- แอซิดโปรติเอสมีหมู่คาร์บอกซิลในบริเวณเร่งมีลักษณะเป็นเอนโดโปรติเอสและแอซิดโปรติเอส ได้แก่ เพปซินและเรนนิน

ตัวอย่างเอนไซม์โปรตีเอส

1. เอนไซม์อัลคาเลส (Alcalase)

เอนไซม์อัลคาเลส หรือ Subtilopeptidase A หรือ Subtilisin Carlberg มีชื่อตามรหัสของ The Commission Enzyme คือ 3.4.21.14 จัดว่าเป็นเอนไซม์ในกลุ่ม Hydrolase ซึ่งจะย่อยสลายพันธะเปปไทด์เป็นหลัก ถ้าจัดกลุ่มเอนไซม์ตามลักษณะการทำงานแล้วจะจัดอัลคาเลสอยู่ในกลุ่ม Serine peptidase มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH-group) อยู่ที่ Active site เอนไซม์นี้เป็นเอนโดเพปทิเดส (Endopeptidase) เนื่องจากมีทิศทางในการย่อยมาจากภายในโมเลกุลของโปรตีน โดยเลือกตำแหน่ง

ย่อยแบบสุ่ม โดยสารตั้งต้นจะเกิดพันธะโควาเลนท์กับเอนไซม์ที่ Active site เอนไซม์อัลคาเลสผลิตจากเชื้อ *Bacillus subtillis* ทำงานดีที่ความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.5-8.5 บางครั้งสามารถทำงานได้ดีแม้ความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลงถึง 5.0 อุณหภูมิพอเหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์อยู่ในช่วง 55-70 ℃ อุณภูมิที่ใช้ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เท่ากับ 90 ℃ นาน 20 นาที เอนไซม์ชนิดนี้ไม่จำเพาะต่อสารตั้งต้นแต่เลือกที่จะย่อยกรดอะมิโนที่เป็นกลางและกรดมากกว่า การเก็บที่อุณหภูมิ 4 ℃ และแห้งจะทำให้เอนไซม์มีความคงตัวสูง สารที่มีผลในการยับยั้งการทำงานได้แก่ Aprotinin, Indole, Alpha-2-macroglobulin เอนไซม์ชนิดนี้มี Ca^{2+} เป็นตัวกระตุ้นการทำงาน ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ เพราะ Ca^{2+} อาจตกตะกอนในรูปแคลเซียมฟอสเฟต (Calcium phosphate) ซึ่งลดการทำงานของเอนไซม์ได้ (Adler-Nissen, 1986)

2. เอนไซม์นิวเทรส (Neutrase)

เอนไซม์นิวเทรสจัดเป็นโปรติโอไลติกเอนไซม์หรือเอนไซม์ในกลุ่มโปรตีเอสที่สกัดได้จากแบคทีเรีย Nova Industri (1996) รายงานว่าเอนไซม์นิวเทรสเป็นเอนไซม์ประเภท Metallo proteas (จำแนกโดยใช้หลักในการทำปฏิกิริยา) เนื่องจากต้องมีอะตอมของโลหะ คือ สังกะสี (Zn^{2+}) เป็นองค์ประกอบ และทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ เอนไซม์นิวเทรสมีกิจกรรมเหมาะสมที่ความเป็นกรด-ด่างช่วงกลาง จึงเรียกว่า นิวทรัลโปรตีเอส (Neutral protease) ความคงตัวของเอนไซม์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีธาตุแคลเซียมอิออน เอนไซม์ชนิดนี้จะย่อยพันธะเปปไทด์ของโปรตีนมาจากภายในโมเลกุล (Endo-protease) สกัดจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* การดึงสังกะสีออกจากเอนไซม์จะทำให้ส่วนของ apoenzyme ไม่ทำงานจึงไม่เกิดปฏิกิริยากับ EDTA ส่งผลให้มีคุณสมบัติยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ได้ เอนไซม์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลมีค่าความขุ่นประมาณ 1.25 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความคงทนในสภาวะการย่อยสลายช่วงกว้าง สภาวะที่เหมาะสมในการทำงานอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 45-55 ℃ การเก็บรักษาเอนไซม์นี้โดยเก็บที่อุณหภูมิ 25 ℃ เก็บไว้อย่างน้อย 6 เดือน การยังยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้ทำได้โดยการใช้สภาวะที่ความเป็นกรด-ด่าง 7 และอุณหภูมิ 85 ℃ เป็นเวลา 4 นาที นอกจากนี้เอนไซม์นิวเทรสเป็นเอนไซม์ที่สกัดได้จากเชื้อแบคทีเรียซึ่งผ่านการเลี้ยงโดยการหมักใต้ผิวของเหลว (Submerged fermentation) สามารถไฮโดรไลซ์โปรตีนได้เป็นสายเปปไทด์ที่สั้นลงและเป็นกรดอะมิโนในที่สุด ในด้านความจำเพาะของปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์ของพันธะเปปไทด์โดยเอนไซม์ พบว่าเอนไซม์จำพวกนิวทรัลโปรตีเอสมีความจำเพาะต่อปลายด้าน N ของกรดอะมิโนชนิดไฮโดรโฟบิค เช่น กรดอะมิโนลิวซีน (Leusine) หรือกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน (Phenylalanine) (นิภาวดี แสงยนต์, 2545)

3. เอนไซม์ฟลาโวไซม์ (Flavourzyme)

เอนไซม์ฟลาโวไซม์เป็นเอนไซม์ที่ได้จาก *Aspergillus oryzae* สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ทั้งภายในและภายนอกสายโปรตีนถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ย่อยสลายโปรตีนในสภาพธรรมชาติหรือใน

สภาวะเป็นกรด ความเป็นกรด-ด่าง 5-7 เอนไซม์ฟลาโวไซม์สามารถลดความขมให้กับโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนที่มีระดับการย่อยสลายต่ำหรือช่วยปรับปรุงรสให้ดีขึ้น เพราะเมื่อย่อยสลายนานขึ้นจะเกิดกรดอะมิโนอิสระซึ่งจะให้รสหวาน (Novo Industri, 1998) สภาวะที่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์ชนิดนี้คือ อุณหภูมิ 35-55 °C ส่วนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทำได้โดยการใช้อุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 10 นาที (Novo Industri, 2002)

4. เอนไซม์โบรมิเลน (Bromilain)

เอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยโมเลกุลของสารประเภทโปรตีน และจะถูกยับยั้งโดยสารที่เรียกว่า ซัลไฮดริลรีเอเจนต์หรือกลุ่มซัลไฮดริล (-SH) หรือกลุ่มไธออลทำให้หมู่อนุมูลซัลไฮดริลที่บริเวณเร่งได้รับความกระทบกระเทือนอาจสูญเสียแอคทิวิตีไปในที่สุด จึงจัดเอนไซม์นี้อยู่ในกลุ่มซัลไฟดริลโปรตีเอส (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2535) เอนไซม์โบรมิเลนเป็นเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์พบได้ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืชวงศ์ Bromeliacea คือสัปปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) เอนไซม์นี้มีลักษณะเป็นไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) นอกจากเป็นเอนไซม์ที่มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนและเปปไทด์แล้วยังสามารถเร่งการย่อยสารพวกเอไมด์ (Amide) และเอสเทอร์ (Ester) ของกรดอะมิโนและเปปไทด์ได้ด้วย (โชคชัย ธีรกุลเกียรติ, 2528)

เอนไซม์โบรมิเลนได้จากลำต้นสัปปะรดจัดเป็นโปรตีนพวกที่มีคุณสมบัติเป็นเบส สามารถละลายน้ำได้ ไม่ละลายในแอลกอฮอล์และอะซิโตน มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 33,000 ดาล-ตัน และพบว่าสามารถละลายด้วยความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 70 °C โดยช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงาน คือ 50-60 °C และช่วงความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ 5.0-8.0 โดยมีความคงตัวในช่วงความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.0-5.5 เมื่อความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 2.5 เอนไซม์จะไม่คงตัว

5. เอนไซม์เรนนิน (Rennin)

เรนนิน เป็นชื่อสามัญ มีชื่อสามัญอีกชื่อคือ ไคโมซิน (Chymosin) มีชื่อตามรหัสว่า E.C.3.4.4.23 นอกจากนี้ยังมีชื่อทางการค้าว่า Rennet ซึ่งชื่อนี้เรียกทั่วไปจนหลายคนมักจะนำมาเป็นชื่อสามัญ เรนนินเป็นเอนไซม์กลุ่มแอซิดโปรติเอสและมีหมู่คาร์บอกซิลอยู่ในบริเวณเร่งจัดเป็นแอสปาติกโปรติเอสสามารถตัดสายโปรตีนแบบตัดกลางสายอย่างไม่เป็นระเบียบในลักษณะเอนโดโปรติเอส เรนนินเป็นเอนไซม์ที่มีต้นกำเนิดมาจากกระเพาะส่วนที่ 4 ของลูกวัวระยะไม่หย่านม เรนนินจัดเป็นโปรติเอสสำหรับย่อยสลายโปรตีนนม ซึ่งเรียกว่า เคซีน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือเรนนินมีความจำเพาะต่อโปรตีนนมมากกว่าโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ ดังนั้นจึงได้เกิดวิวัฒนาการของการนำเอาเรนนินมาใช้ในกระบวนการแปรรูปนม เช่น อุตสาหกรรมผลิตเนยแข็ง เป็นต้น (ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539)

6. เอนไซม์ปาเปน (Papain)

ปาเปนเป็นเอนไซม์ที่พบมากในยางมะละกอในส่วนของใบ ก้านและผลดิบ ซึ่งใช้ในการกรีดเอายางมะละกอเพื่อสกัดปาเปน สายพันธุ์มะละกอที่สามารถผลิตน้ำยางสดได้สูงสุดคือ สายพันธุ์จำปาดำและแขกดำ ปาเปนเป็นเอนไซม์กลุ่มโปรติเอส (Protease) ที่มีรหัส EC number คือ EC 3.4.22.2 เป็น Proteolytic enzyme สามารถย่อยโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลงได้อาจเรียกว่าเป็น Vegetble pepsin ปาเปนจัดอยู่ในกลุ่มโปรตีนที่มีกิจกรรมหลากหลายรวมไปถึงเอนโดเพปทิเดส อะมิโนเพปทิเดส ไดเพปทิดิลเพปทิเดสและเอนไซม์ที่มีกิจกรรมทั้งเอกโซและเอนโดเพปทิเดส (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2546)

2.2 ความเข้มข้นของเอนไซม์

ปริมาณของเอนไซม์เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของสับสเตรท ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิและบัฟเฟอร์ที่ใช้คงที่ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอนไซม์ให้มากขึ้นจะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นแต่ต้องไม่มีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ปะปนอยู่ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) Yu and Tan (1992) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลา *Orechromis mossambicus* ด้วยเอนไซม์อัลคาเลสโดยแปรผันปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในช่วงร้อยละ 0.5-2.0 ของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อปลา พบว่าเมื่อปริมาณที่ใช้เพิ่มขึ้นทำให้ระดับการย่อยสลายมีค่าสูงขึ้นและการใช้เอนไซม์ที่ร้อยละ 2.0 ของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ผลิตได้สูงสุด ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของอัญชลี สาระโบกและอรัญ หันพงศ์กิตติกูล (2542) ได้ศึกษาการย่อยน้ำนึ่งปลาทูน่าด้วยเอนไซม์เพื่อผลิตซอส โดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสและนิวเทรสความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0.5-2.0 โดยปริมาตรต่อปริมาตรของน้ำนึ่งปลาทูน่า ย่อยเป็นเวลา 0-180 นาที พบว่า เมื่อเติมอัลคาเลสลงไปร้อยละ 2 ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 8 ย่อยที่อุณหภูมิ 60 °C และเอนไซม์นิวเทรสร้อยละ 2 ในน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 7 ย่อยที่อุณหภูมิ 45 °C พบว่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น เมื่อทำการย่อยสลาย 180 นาที สามารถย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าได้ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้สูงสุดและมีระดับการย่อยสลายสูงสุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sangueekul, Jantawat and Sukcharoensakkul (1992) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากน้ำนึ่งปลาเพื่อใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร พบว่าระดับการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มขึ้น โดยเมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 2.0 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 6.5 และอุณหภูมิ 55 °C มีระดับการย่อยสลายสูงสุด

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีผลต่อการแตกตัวของไอออนของหมู่โพรโทโทรพิก (Prototropic group) ที่อยู่ในบริเวณเร่งของเอนไซม์มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงรูปสามมิติของเอนไซม์เกิดการ

เบี่ยงเบนในด้านการจับกับสารตั้งต้นหรือการเร่งปฏิกิริยา ในบางกรณีค่าความเป็นกรด-ด่างอาจมีผลทำให้ผลผลิตตกต่ำ เนื่องจากเอนไซม์โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพการเร่งปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน ณ ระดับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกัน แต่จะมีช่วงความเป็นกรด-ด่างหนึ่งที่เอนไซม์จะมีกิจกรรมการทำงานสูงสุด ดังนั้นในการนำเอนไซม์มาใช้งานจึงต้องมีการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสมและไม่ทำให้เอนไซม์ถูกยังยั้งการทำงาน (Whitaker, 1994) Shahidi et al. (1995) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลาคาเพลินด้วยเอนไซม์อัลคาเลส นิวเทรส และปาเปน ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ ความเป็นกรด-ด่าง 8.5, 7.0 และ 6.0 ตามลำดับ Benjakul and Morrissey (1997) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาแปซิฟิกไวทิง โดยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสและนิวเทรส ปรับความเป็นกรด-ด่าง 4.5-11.5 พบว่าเอนไซม์อัลคาเลสและนิวเทรสมีกิจกรรมการทำงานสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 °C ความเป็นกรด-ด่าง 9.5 และ 55 °C ความเป็นกรด-ด่าง 7 ตามลำดับ เนื่องจากมีระดับการย่อยสูงสุด

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์เพราะอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์จะผันแปรตามอุณหภูมิ และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลต่อความคงตัวของเอนไซม์ หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้โปรตีนเสียสภาพธรรมชาติและมีผลทำให้ความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาสูญเสียไปด้วย เนื่องจากโครงสร้างที่ตำแหน่ง Active site เปลี่ยนไป Whitaker (1994) อธิบายว่าเอนไซม์เป็นโปรตีนชนิดหนึ่งและความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นเนื่องจากโครงรูปสามมิติของเอนไซม์มีการเรียงตัวอย่างมีระเบียบในทิศทางที่จะต้องจับที่บริเวณจับและบริเวณเร่งปฏิกิริยา ถ้าอุณหภูมิที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาย่อยสลายสูงเกินไปจะทำให้มีพันธะที่มีแรงยึดเหนี่ยวต่ำ เช่น พันธะไอออนิก พันธะไฮโดรเจน เป็นต้น เกิดการแตกตัว โครงรูปสามมิติจะเสียหายทำให้เอนไซม์เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติและสูญเสียความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาไป ดังนั้นการเลือกสภาวะอุณหภูมิในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์แต่ละชนิดควรคำนึงถึงอัตราเร็วของการเกิดการย่อยสลายและความคงทนของเอนไซม์ต่ออุณหภูมิ Benjakul and Morrissey (1997) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปลาแปซิฟิกไวทิง โดยการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสและนิวเทรส พบว่าเอนไซม์อัลคาเลสและนิวเทรสมีกิจกรรมการทำงานสูงสุดที่อุณหภูมิ 60 และ 55 °C ตามลำดับ เนื่องจากมีระดับการย่อยสูงสุดซึ่งเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการย่อยสลายเพิ่มขึ้น กิจกรรมการทำงานเอนไซม์จะลดลง

5. ระยะเวลาในการย่อยสลาย

Adler-Nissen (1986) อธิบายว่าในช่วงต้นของการย่อยเอนไซม์จะเข้าจับกับโปรตีนอย่างรวดเร็วเกิดการย่อยสลายจนทำให้เกิดเปปไทด์ขึ้น จากนั้นเมื่อเวลาการย่อยสลายมากขึ้นจะเกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แบบแข่งขัน (Competition inhibition) โดยที่เปปไทด์ที่เกิดขึ้นจะ

แข่งขันกับโปรตีนในการจับกับเอนไซม์จึงทำให้ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลเสทจากหัวปลาและไส้ปลาทรายแดงเพื่อใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์โดยย่อยด้วยเอนไซม์อัลคาเลสที่ความเป็นกรด-ด่าง 8.5 เป็นเวลา 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที พบว่าระยะเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันและการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสเป็นระยะเวลา 150 นาที ทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุด

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

ภายหลังจากเกิดการย่อยสลายโปรตีนที่ระดับการย่อยที่ต้องการแล้วจำเป็นที่จะต้องยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เพื่อไม่ให้เกิดการย่อยสลายของโปรตีนต่อไปอีก ซึ่งสามารถทำการยับยั้งได้โดยวิธีการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง และการให้ความร้อน (Kristinsson & Rasco, 2000) สำหรับการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างนั้นควบคุมให้อยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ Shahidi et al. (1995) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลาคาเพลินด้วยเอนไซม์อัลคาเลส นิวเทรส และปาเปน ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด คือ ความเป็นกรด-ด่าง 8.5, 7.0 และ 6.0 และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิด ที่มีความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.0-4.0 ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าว ส่วนการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการให้ความร้อนนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะกระทำที่อุณหภูมิ 75-100 °C นาน 5-30 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการต้านทานความร้อนของเอนไซม์แต่ละชนิดแต่การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ด้วยความร้อนนี้อาจมีผลทำให้โปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพธรรมชาติและตกตะกอน

การแยกส่วนของเหลวที่สกัดได้

เมื่อโมเลกุลโปรตีนถูกย่อยสลายจะทำให้เกิดเปปไทด์สายสั้นๆ และกรดอะมิโนอิสระที่ละลายอยู่ในส่วนของเหลว ดังนั้นจึงต้องแยกส่วนออกจากส่วนของแข็งซึ่งสามารถทำได้โดยการแยกผ่านตะแกรงร่อน การกรองหรือการเหวี่ยงแยก เป็นต้น

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเสท

สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไฮโดรไลเสทจะมีความสัมพันธ์กับสมบัติทางเคมีและกายภาพของโปรตีน ได้แก่ ปริมาณและการจัดเรียงตัวของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในสายเปปไทด์ ความยาว และรูปร่างของสายเปปไทด์ ประจุสุทธิ สัดส่วนระหว่างหมู่ชอบน้ำและไม่ชอบน้ำ (Damodaran, 1996) นิลุบล เล่าอั้น (2556) กล่าวว่าสมบัติเชิงหน้าที่เป็นผลเนื่องมาจากโปรตีนเกิดอันตรกิริยากับสารอื่นๆ ในระบบอาหาร เช่น เกิดกับโมเลกุลของตัวทำละลาย โมเลกุลของตัวถูกละลาย โปรตีนอื่นๆ สารแขวนลอยในตัวทำละลาย เช่น น้ำมัน อากาศ โดยโปรตีนอาจเคลื่อนที่ไปทำปฏิกิริยาหรือโปรตีนเปลี่ยนโครงสร้างเพื่อให้การทำปฏิกิริยามีโอกาสมากขึ้น ตัวอย่างของสมบัติเชิงหน้าที่ได้แก่ การให้คุณภาพทางการบริโภค (ให้สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส) ความสามารถในการละลาย ความสามารถในการ

อุ้มน้ำ ความหนืด การเกิดเจล การยึดเกาะ ความยืดหยุ่น การจับกับไขมัน การเพิ่มความคงตัวให้แก่ฟอง เป็นต้น สมบัติเชิงหน้าที่จึงเป็นสมบัติที่มีผลต่อคุณภาพและมีบทบาทที่สำคัญในการกำหนดสภาวะที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์จากโปรตีน

สมบัติเชิงหน้าที่ที่มีความสำคัญของโปตีนไฮโดรไลเสท ได้แก่

1. การละลาย

ความสามารถในการละลายของโปรตีนเป็นสมบัติเชิงหน้าที่ที่สำคัญของโปรตีนไฮโดรไลเสท เนื่องจากความสามารถในการละลายจะมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านอื่นของโปรตีนไฮโดรไลเสท เช่น ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน ความสามารถในการเกิดโฟม เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถใช้การละลายของโปรตีนเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมบัติเชิงหน้าที่ด้านอื่นของโปรตีนและสามารถประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ (Kristinsson & Rasco, 2000) ความสามารถในการละลายของโปรตีนไฮโดรไลเสทขึ้นอยู่กับระดับการย่อยสลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง และชนิดของเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อย Quaglia and Orban (1987) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลาซาร์ดีนด้วยเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสจะมีความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการย่อยเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนเมื่อถูกย่อยสลายทำให้เกิดเปปไทด์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและจำนวนหมู่ที่มีขั้วมากขึ้น ซึ่งหมู่ที่มีขั้วเหล่านี้จะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ดี โปรตีนไฮโดรไลเสทจึงมีความสามารถในการละลายที่ดีขึ้น

2. การเกิดอิมัลชัน

อิมัลชัน คือระบบของของเหลวอย่างน้อย 2 ชนิด ที่ถูกผสมเข้ากันไม่ได้ (Immiscible) มากระจายตัวอยู่ โดยทำให้ของเหลวที่มีปริมาณน้อยกว่าซึ่งมักจะถูกทำให้เป็นหยด เรียกว่า Disperse phase ถูกห่อหุ้มด้วยของเหลวหรือตัวกลางที่มีปริมาณมากกว่า เรียกว่า Continuous phase ซึ่งทางอาหารมีอิมัลชันอยู่ 2 ชนิด คือชนิดน้ำมันในน้ำและน้ำในน้ำมัน เสถียรภาพของอิมัลชันทำได้โดยเติมสารที่สามารถถูกดูดซับและลดแรงตึงผิวบริเวณระหว่างผิวของน้ำมันกับน้ำ (Oil-water interface) ได้เรียกว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ เช่น ฟอสโฟลิพิด โปรตีน ในกรณีของ Meat emulsion ชนิดน้ำมันในน้ำ เช่น ในไส้กรอก เกลือจะละลายไมโอซินมาอยู่ที่ผิวระหว่างน้ำมันและน้ำโปรตีนจะถูกดูดซับไว้บนผิวของหยดไขมันด้วยสมบัติของกรดอะมิโนที่ไม่มีขั้วและหันส่วนที่มีขั้วออกสัมผัสน้ำ นอกจากนั้นโปรตีนยังจับกันเป็นฟิล์มที่ต่อเนื่องและมีแรงยึดเกาะดีทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น (นิลุบล เล่าอั้น, 2556)

โปรตีนถูกย่อยสลายจะเกิดเปปไทด์ที่มีขนาดเล็กที่สามารถเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและเคลื่อนที่ไปยังพื้นผิวเม็ดน้ำมันหันส่วนไม่มีขั้วเข้าหาเม็ดน้ำมันและหันส่วนที่มีขั้วเข้าหาโมเลกุลของน้ำ ทำให้เกิดสภาพอิมัลชันขึ้น ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนไฮโดรไลเสทขึ้นอยู่กับระดับการย่อยสลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลาย และ Surface hydrophobicity (S_0) เป็น

ต้น รุ่งอรุณ ตระการชัยวงศ์ (2545) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวและไส้ปลาทรายแดงที่ผ่านการกำจัดไขมันด้วยเอนไซม์อัลคาเลสความเข้มข้นร้อยละ 0.005, 0.05, 0.15 และ 0.3 ของน้ำหนักโปรตีนที่มีอยู่ในตัวอย่าง ย่อยที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 30, 60, 90 และ 120 นาทีพบว่าความเข้มข้นร้อยละ 0.005 ของน้ำหนักโปรตีนที่มีอยู่ในตัวอย่าง เวลาในการย่อยสลาย 60 นาที ทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุด เพราะเอนไซม์อัลคาเลสสามารถย่อยสลายจนได้ระดับการย่อยสลายสูงจึงเกิดเป็นเปปไทด์ที่สามารถรวมตัวกันเป็นอิมัลชันได้อย่างรวดเร็ว สุปราณี แย้มพราย (2539) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวและไส้ปลาทรายแดงเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทชนิดผงร้อยละ 3 ผสมในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทำให้ไส้กรอกมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุด

3. ความสามารถในการอุ้มน้ำ

สมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนที่ดีมีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อที่นุ่ม มีความชุ่มฉ่ำ รสชาติดีและสีอาหารปกติ อีกทั้งทำให้การสูญเสียของเหลวในระหว่างการแปรรูปลดลงเป็นประโยชน์ต่อคุณภาพเชิงบริโภคและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น น้ำที่ถูกกักไว้ในโครงสร้างของโปรตีนมี 2 ลักษณะ คือลักษณะแรกเป็นส่วนของน้ำที่จับ (Bounding) กับหมู่ R ของกรดอะมิโนในโมเลกุลโปรตีน ซึ่งความสามารถในการจับน้ำขึ้นกับชนิดของโปรตีน ความเข้มข้นของโปรตีน จำนวนหมู่ที่มีขั้วความเป็นกรด-ด่าง เกลือ และอุณหภูมิ ลักษณะที่สองคือน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างของร่างแหโปรตีนขณะเกิดเจล โดยขึ้นกับความแข็งแรงของโครงสร้างร่างแหนั้น ถ้าความหนืดของร่างแหไม่แข็งแรงมากความหนืดจะเพิ่มขึ้นและไม่เกิดเป็นเจล ถ้าอันตรกิริยาระหว่างโปรตีนแข็งแรงมากเกินไป โครงสร้างร่างแหจะล้ม (Collapse) และน้ำจะแยกออกมา ดังนั้นต้องทำให้แรงยึดเกาะและแรงผลักระหว่างโมเลกุลโปรตีนมีความสมดุลกันเพื่อให้เกิดเป็นเจลที่ดี (นิลุบล เล่าอั้น, 2556)

โปรตีนสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลน้ำและสามารถกักเก็บโมเลกุลน้ำไว้ในโครงสร้างได้ การย่อยสลายโปรตีนจะทำให้ได้จำนวนหมู่ที่มีขั้วมากขึ้น เช่น หมู่คาร์บอกซิลและหมู่อะมิโน ทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและกักเก็บโมเลกุลของน้ำได้ดีขึ้น Shahidi et al. (1995) ศึกษาการเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาคาเพลิน *(Mallotus villosus)* ในผลิตภัณฑ์เนื้อหมูบด พบว่าการเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณร้อยละ 3 ทำให้น้ำหนักภายหลังการทำให้สุกมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 4 Kristinsson and Rasco (2000) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลาแซลมอนด้วยเอนไซม์ Alcalase, Flavourzyme, Corolase PN-L และ Corolase 708 พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาที่ได้จากการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีกว่าการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ Flavourzyme, Corolase PN-L และ Corolase 708 (Kristinsson & Rasco, 2000) สุปราณี แย้มพราย (2539) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวและไส้ของปลาทรายแดงเพื่อใช้

เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ พบว่าการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทชนิดผงร้อยละ 3 ผสมในไส้กรอกแฟรงค์เฟอร์เตอร์ทำให้ไส้กรอกมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด

4. ความสามารถในการดูดซับไขมัน

โปรตีนสามารถจับกับไขมันได้โดยหันส่วนที่ขั้วเหมือนจับกัน ซึ่งโปรตีนจะหันส่วนไม่มีขั้วจับกับส่วนที่ไม่มีขั้วของไขมันจึงทำให้เกิดการดูดซับของไขมัน Kristinsson and Rasco (2000) ศึกษาความสามารถในการดูดซับไขมันของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาแซลมอนอัลบูมินจากไข่และโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาแซลมอนมีความสามารถในการดูดซับไขมันได้ดีกว่าโปรตีนอัลบูมินจากไข่และโปรตีนถั่วเหลืองเข้มข้น (Kristinsson & Rasco, 2000)

5. ความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม

โฟมเกิดจากการที่โปรตีนจะถูกดูดซับเข้าไปแทรกตัวเป็นฟิล์มบางอยู่ระหว่างอนุภาคของคอลลอยด์หรือช่วยในการห่อหุ้มฟองอากาศไว้ซึ่งมีผลทำให้โฟมคงตัว Shahidi et al. (1995) ศึกษาการเกิดโฟมของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายปลาคาเพลินด้วยเอนไซม์อัลคาเลส พบว่าระดับการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ร้อยละ 12 สามารถเกิดโฟมได้ถึงร้อยละ 90 Liceaga-Gesualdo and Li-chan (1999) ศึกษาการเกิดโฟมของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จากการย่อยสลายเนื้อปลาเฮอร์ริงเปรียบเทียบกับเนื้อปลาเฮอร์ริงที่ไม่ได้ถูกย่อยสลาย พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้มีความสามารถในการเกิดโฟมได้ดีกว่าเนื้อปลาเฮอร์ริงที่ไม่ได้ถูกย่อยสลายแต่เนื้อปลาเฮอร์ริงที่ไม่ได้ถูกย่อยสลายจะทำให้โฟมที่เกิดขึ้นมีความคงตัว และ Groninger and Miller (1975) ศึกษาการใช้โปรตีนไมโอไฟบริลจากปลารอกฟิชมาผ่านกระบวนการเอซิลเลชัน (Acylation) ด้วยกรดซัคซินิค (Succinic acid) แล้วนำมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์โบรมิเลน พบว่าเมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้น การเกิดโฟมจะเพิ่มขึ้น โฟมที่เกิดขึ้นมีขนาดใหญ่แต่ไม่คงตัว

6. ความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

โปรตีนจำนวนมากแสดงความสามารถในการเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิด ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันนั้นจะประกอบไปด้วยชนิดของกรดอะมิโนและความยาวของสายเปปไทด์ โดยสายเปปไทด์ที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนฮิสทิดีน ไทโรซีน วาลีน ลิวซีน และไอโซลิวซีน จะมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิดโดยการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของกรดอะมิโนฮิสทีดีนจะเกี่ยวข้องกับวงแหวนอิมิดาโซนของฮิสทีดีนที่มีความสามารถในการยับยั้งได้ นอกจากนั้นในสายเปปไทด์ที่มีไทโรซีนเป็นองค์ประกอบจะมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมเช่นเดียวกันกับสารต้านออกซิเดชันทั่วไป ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเกิดออกซิเดชันนั้นขึ้นอยู่กับกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบในสายเปปไทด์และมวลโมเลกุลเปปไทด์นั้น (Ushida & Kawakishi, 1992; Murase, Nagao & Terao, 1993) Kawashima, Itoh, Miyoshi and Chibata (1979) ศึกษาผลของกรดอะมิโนสังเคราะห์ชนิดต่างๆ

ต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิด พบว่าเปปไทด์ที่มีกิ่งโซ่ของกรดอะมิโนวาลีน ลิวซีน และไอโซลิวซีนแสดงความสามารถในการเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ส่วนความยาวของสายเปปไทด์พบว่าเปปไทด์สายสั้นๆ จะมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิดซึ่งทำหน้าที่เสมือนตัวรับอิเล็กตรอน ซึ่งดึงอิเล็กตรอนจากอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดออกซิเดชันของลิพิด Je, Park and Kim (2004) ศึกษาการเป็นสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของลิพิดของเปปไทด์ที่สกัดจากปลาอลาสกาพอลแลก พบว่าเปปไทด์ที่มีสายสั้นจะมีผลในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันได้ดีที่สุด ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์เพื่อหาชนิดของกรดอะมิโนในสายเปปไทด์ดังกล่าว พบว่าประกอบไปด้วยกรดอะมิโนชนิดลิวซีน-โพรลีน-ฮิสทิดีน-เซอรีน-ไกลซีน-ทรีโอนีน ต่อกัน และมีมวลโมเลกุล 672 กิโล-ดาลตัน

ซอสปรุงรส

ซอสปรุงรส (Seasoning sauce) หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ปรุงรสอาหารซึ่งมีลักษณะเหลวหรือข้นเป็นเนื้อเดียวกันมีโปรตีนจากสัตว์หรือพืชที่ย่อยสลายด้วยกรดหรือเอนไซม์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญแล้วปรุงแต่งรสให้กลมกล่อม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549) ซอสปรุงรสเป็นเครื่องปรุงแต่งรสชาติอาหารให้มีรสชาติกลมกล่อมดีขึ้น กลิ่นหอม น่ารับประทาน จะมีกลิ่นและรสเฉพาะคล้ายซอสที่ผลิตจากต่างประเทศ ซึ่งตามความนิยมของคนไทยการประกอบอาหารที่มีกลิ่นและรสชาติดีจะช่วยทำให้อาหารอร่อยขึ้น นอกจากนี้โปรตีนในซอสปรุงรสยังให้คุณค่าทางอาหารอีกด้วย ตัวอย่างของซอสได้แก่ ซอสพริก ซอสมะเขือเทศ ซีอิ๊ว ซอสถั่วเหลือง ซอสพริกไทยดำและซอสหอยนางรม ฯลฯ (กองส่งเสริมและพัฒนาด้านการมาตรฐาน, มปป.)

ซอสปรุงรสจะใช้วิธีการผลิตโดยการย่อยโปรตีนในกรดเข้มข้น (Acid hydrolysis) ซึ่งโดยทั่วไปใช้กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วหลังจากนั้นจึงปรับให้หมดสภาพกรดด้วยการเติมด่าง ด่างที่นิยมนำมาใช้ คือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เมื่อด่างทำปฏิกิริยากับกรดที่ใช้ย่อยจะทำให้เกิดเกลือในรูปโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride) สารอาหารที่ถูกย่อยโดยกรดคือแป้งและโปรตีน แป้งที่ถูกย่อยก็กลายเป็นน้ำตาล ส่วนโปรตีนก็จะถูกย่อยกลายเป็นกรดอะมิโน คือกรดกลูตามิก (Glutamic acid) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2543)

ตัวอย่างซอสปรุงรส

1. น้ำปลา (Fish sauce)

น้ำปลาทำมาจากปลาหรือชิ้นส่วนของปลา ปลาที่นิยมนำมาผลิตน้ำปลามักเป็นปลาขนาดเล็กเนื่องจากย่อยสลายได้ง่ายและเร็ว เช่น ปลาไส้ตัน ปลากะตัก ปลาทองแดง ปลาหลังเขียว และปลาสร้อย เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้สัตว์น้ำประเภทอื่นมาผลิตเป็นน้ำปลาได้ด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น กุ้ง หอย และปู ส่วนเกลือที่นิยมใช้หมักปลาคือเกลือทะเล น้ำปลาไม่เพียงแต่ช่วยเติมแต่งรสชาติอาหารเท่านั้น แต่ยังมีสารอาหารอื่นที่มีประโยชน์อยู่ด้วย เช่น โปรตีนหรือกรดอะมิโนที่จำเป็น

ต่อร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไลซีน (Lysine) และกรดอ็อกซิลิค วิตามิน บี 12 และแร่ธาตุอื่นๆ (แล้วแต่การปรุงแต่ง)

2. ซีอิ้ว (soy sauce)

ซีอิ้ว ใช้วิธีการผลิตโดยการย่อยโปรตีนถั่วเหลืองด้วยการหมักซึ่งจะนำถั่วเหลืองมานึ่งหรือต้มให้สุก ทิ้งไว้จนเย็นแล้วจึงนำมาผสมกับแป้งสาลี และหัวเชื้อรา (Aspergillus oryzae) หลังจากนั้นนำไปแผ่ไว้บนกระด้งไม้ไผ่ประมาณ 3-4 วัน เพื่อให้เชื้อราเจริญเติบโต ซึ่งส่วนผสมที่มีเชื้อราขึ้นนี้เรียกว่า โคจิ (Koji) แล้วนำไปหมัก บางแห่งใช้วิธีการบ่มในตู้หรือห้องที่ปรับสภาพความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งเชื้อราจะย่อยโปรตีนในถั่วเหลืองและแป้งสาลีเป็นกรดอะมิโนและน้ำตาลซึ่งกรดอะมิโนที่ได้ก็คือ กรดกลูตามิก (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2545) ซีอิ้วโดยทั่วไปแบ่งได้ เป็น 4 ชนิด คือ

- ซีอิ้วขาว เป็นของเหลวใสที่ได้จากการนำถั่วเหลืองมาย่อยสลายด้วยการหมักกับเกลือแต่งรส หรือสีแล้วนำไปผ่านการพาสเจอร์ไรส์ (Pasteurization)
- ซีอิ้วดำเค็ม ได้จากซีอิ้วขาวที่นำมาเก็บต่อตามกรรมวิธีการผลิต จนกระทั่งได้ความเข้มข้นและสีตามกำหนด
- ซีอิ้วดำ ได้จากซีอิ้วขาวที่ผสมกับสารให้ความหวานในอัตราส่วนที่พอเหมาะจนได้ความหวานและความเค็มตามต้องการ
- ซีอิ๊วหวาน ได้จากซีอิ๊วขาวที่ผสมกับสารให้ความหวานในอัตราส่วนตามต้องการ (กองส่งเสริมและพัฒนาด้านการมาตรฐาน, ม.ป.ป.)

3. ซอสพริก (Chili sauce)

ซอสพริก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพริก ผสมกับกระเทียม น้ำตาล น้ำส้มสายชู เกลือ และอาจมีผักผลไม้ และเครื่องเทศผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2533)

ซอสพริกเป็นซอสที่ผลิตจากพริก กระเทียม ปรุงแต่งกลิ่นรสด้วย เกลือ น้ำตาล น้ำส้มสายชูและเครื่องเทศชนิดต่างๆ ในเนื้อซอสนิยมผสมผักผลไม้บางชนิดลงไปด้วย เช่น มะเขือเทศ มะละกอเพื่อเพิ่มความข้นของซอสโดยไม่ให้มีรสเผ็ดมากนัก ผักผลไม้ที่ใช้นิยมเลือกชนิดที่มีสีแดงหรือสีส้ม ซอสพริกควรมีลักษณะที่ดีคือ มีการไหลที่ดี สีสม่ำเสมอ มีกลิ่นหอมตามธรรมชาติของซอส ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกตัว เมื่อตั้งทิ้งไว้ (กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์, มปป.)

4. ซอสมะเขือเทศ (Tomato ketchup)

ซอสมะเขือเทศ หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่เตรียมขึ้นจากมะเขือเทศที่สุก สด ปราศจากรอยเน่า หรือมะเขือเทศข้น (Tomato puree) และมะเขือเทศข้นมาก (Tomato paste) อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น เกลือ น้ำส้มสายชู เครื่องเทศ น้ำตาล และต้องผ่านกรรมวิธีการให้ความร้อนก่อนและหลังการปิดภาชนะบรรจุให้เพียงพอที่จะทำลายหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2524)

5. เต้าเจี้ยว

เต้าเจี้ยวเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักชนิดหนึ่งที่ได้จากการหมักถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนสูงในประเทศไทยนิยมนำเต้าเจี้ยวมาใช้เป็นอาหารชนิดต่างๆ โดยทำเป็นเครื่องจิ้มเรียกว่า หลน หรือนำมาทำเป็นเครื่องปรุงรสในการประกอบอาหารตามตำรับจีน เช่น ทำแป๊ะซะ ผัดราดหน้า ตลอดจนผัดผักชนิดต่างๆ ซึ่งนอกเหนือจากจะได้รสชาติดีแล้วยังเป็นการเพิ่มโปรตีนในอาหารอีกด้วย เมื่อความนิยมในการบริโภคเต้าเจี้ยวมีมากขึ้นจึงก่อให้เกิดการพัฒนากรรมวิธีการผลิตโดยนำเอาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้การผลิตในโรงงานผลิตเต้าเจี้ยว ในปัจจุบันใช้วิธีการกึ่งวิทยาศาสตร์และกึ่งพื้นบ้านคืออาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเพาะเลี้ยงเชื้อราที่บริสุทธิ์เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อราอื่นๆ และลดระยะเวลาในการผลิต ส่วนวิธีการกึ่งพื้นบ้านจะใช้ในขั้นตอนการหมักกับเกลือคือหลังจากได้ถั่วเหลืองที่มีเชื้อราเจริญเต็มที่แล้วนำไปหมักในน้ำเกลือในภาชนะเปิดปล่อยทิ้งไว้จนได้ที่ ในขั้นตอนนี้จะมีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ซึ่งสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีปริมาณเกลือสูงทำให้คุณภาพความสะอาดและความปลอดภัยในการบริโภคลดลงจึงมีแนวโน้มว่าต่อไปจะมีการนำวิธีวิทยาศาสตร์มาใช้ในการผลิตทั้งหมด เช่น การใช้เชื้อบริสุทธิ์ในการหมักและหมักในภาชนะปิดซึ่งจะช่วยให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงถูกสุขลักษณะ สะอาดและปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

6. ซอสหอยนางรม (Oyster sauce)

ซอสหอยนางรมเป็นเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสอาหารให้มีรสชาติดีขึ้น มีลักษณะข้นหนืด ประกอบด้วยเนื้อหอยนางรมบดหรือน้ำสกัดจากหอยนางรม หรือส่วนที่ได้จากการย่อยสลายหอยนางรม ด้วยกรดหรือเอนไซม์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกันเป็นส่วนประกอบสำคัญและมีส่วนผสมอื่นๆ รวมทั้งเครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรสผสมอยู่ด้วย ส่วนประกอบหลักประกอบด้วยเนื้อซอสหอยนางรมหรือน้ำสกัดซอสหอยนางรมหรือส่วนที่ได้จากการย่อยสลายซอสหอยนางรม เกลือ น้ำตาล แป้ง เช่น แป้งข้าวโพด แป้งมันสำปะหลัง แป้งดัดแปร ส่วนประกอบอื่นๆ ที่อาจมีได้ เช่นโปรตีนสกัดจากพืช เครื่องปรุงแต่งกลิ่นและรส เช่น น้ำปลา น้ำซีอิ๊ว น้ำซอสปรุงรสผสมอยู่ด้วย บรรจุในภาชนะที่มีฝาปิดได้สนิท ซึ่งตามความนิยมของคนไทยถือว่ากลิ่นและรสของซอสหอยนางรมจะช่วยทำให้อาหารอร่อยขึ้น (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1317, 2538)

ตารางที่ 2-1 ส่วนผสมในการทำซอสหอยนางรม

ส่วนประกอบ	ร้อยละ
หอยนางรม	13.00
ซีอิ๊วขาว	67.00
น้ำตาล	9.00
เกลือ	3.00
แป้งมันหรือแป้งข้าวโพด	3.60
ผงชูรส	2.70
โซเดียมซักซิเนต	1.03
กรดซักซินิก	0.31
พริกไทย	0.06

ที่มา: กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2519)

การพาสเจอร์ไรส์อาหารเหลว (Liquid food pasteurization)

การพาสเจอร์ไรซ์อาหารที่ใช้โดยทั่วไปใช้ความร้อน จึงจัดเป็นการแปรรูปด้วยความร้อน (Thermal processing) วิธีหนึ่ง ซึ่งปกติจะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Pathogen) ทุกชนิด และเอนไซม์ที่เป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสีย เป็นวิธีการถนอมอาหาร (Food preservation) เพื่อยืดอายุการเก็บอาหารทำให้อาหารปลอดภัย การพาสเจอร์ไรซ์อาหารสามารถทำลายเซลล์ (Vegetative cell) ยีสต์ รา และแบคทีเรียที่ไม่ทนร้อนแต่ยังไม่เพียงพอที่จะทำลายแบคทีเรียที่ทนความร้อนสูง (Thermophillic bacteria) และสปอร์ของแบคทีเรียจึงต้องเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้วที่อุณหภูมิต่ำหรือการแช่แข็งหรืออาจใช้ร่วมกับการถนอมอาหารอื่น เช่น การลดวอเตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity) การปรับให้เป็นกรด (Acidification) เพื่อให้อาหารที่ผ่านการพาสเจอไรซ์เก็บได้โดยไม่ต้องแช่เย็น (นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, 2553)

การพาสเจอร์ไรส์อาหารที่มีความเป็นกรดต่ำ (ความเป็นกรด-ด่าง > 4.5) มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ส่วนอาหารที่มีความเป็นสูง (ความเป็นกรด-ด่าง < 4.5) พาสเจอร์ไรส์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนี้ระยะเวลาที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรส์อาหารขึ้นอยู่กับความต้านทานความร้อนของจุลินทรีย์หรือเชื้อโรคที่ต้องการทำลายและความไวความร้อนของผลิตภัณฑ์ (วิไล รังสาดทอง, 2545)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก และนงนุช รักสกุลไทย (2534) ศึกษาการใช้เอนไซม์ปาเปนและโบรมิเลนในการทำซอสหอยนางรม โดยนำเนื้อหอยนางรมบดมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนและโบรมิเลน ซึ่งใช้ปริมาณเอนไซม์ระดับต่างๆ ดังนี้ ร้อยละ 0, 0.1, 0.3, 0.5 และ 0.7 พบว่าปาเปนและโบรมิเลนร้อยละ 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ ให้ปริมาณไนโตรเจนที่ละลายได้ในน้ำหอยสกัดสูงสุด เมื่อนำน้ำหอยสกัดที่ได้มาเตรียมซอสหอยนางรม พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของซอสหอยนางรมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันและคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกัน และซอสหอยนางรมที่ผลิตจากเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าตัวอย่างซอสหอยนางรมที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ศิริพร ไชยสงคราม (2557) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวกุ้งโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส โดยใช้เอนไซม์โปรติเอส 3 ชนิด คือ อัลคาเลส โบรมิเลน และปาเปน และศึกษาอัตราส่วนของหัวกุ้งต่อน้ำโดยใช้อัตราส่วน 1:1, 1:2, 2:1 และ 3:1 และระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ที่ต่างกันคือร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 โดยน้ำหนักของหัวกุ้ง พบว่าอัตราส่วนของหัวกุ้งต่อน้ำที่ระดับ 1:1 ทำให้มีระดับการย่อยสลาย (Degree of hydrolysis) ดีที่สุด ความเข้มข้นของเอนไซม์อัลคาเลส โบรมิเลนและปาเปนที่เหมาะสมในการผลิตสารละลายโปรตีนไฮโดรไลเสทคือร้อยละ 1.5, 1.5 และ 2 ตามลำดับ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความขม และกลิ่นกุ้ง พบว่าเอนไซม์โบรมิเลนมีความขมน้อยสุดและมีกลิ่นกุ้งดีที่สุด การใช้เอนไซม์โบรมิเลนที่ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 อุณหภูมิ 50 °C ระยะเวลา 120 นาที ในการย่อยสลายโปรตีนจะพบองค์ประกอบหลักที่ให้กลิ่นในโปรตีนไฮโดรไลเสท คือ 3-Ethyl-2,5-Dimethyl Pyrazine และ Benzaldehyde นำโปรตีนไฮโดรไลเสทที่สกัดได้จากสภาวะดังกล่าวมาผลิตเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส พบว่าสารปรุงแต่งกลิ่นรสกุ้งที่เติมกลูโคสร้อยละ 5 ได้คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นและรสชาติสูงสุด

พิริยา ไรเกษ และคณะ (2554) ศึกษาโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเศษเหลือปลาและสภาวะการย่อยเครื่องในปลาทับทิมด้วยเอนไซม์ปาเปน พบว่าการนำเศษเหลือจำพวกปลาทับทิมมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็นการเพิ่มมูลค่าเศษเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ องค์ประกอบทางเคมีของเครื่องในปลาทับทิมประกอบไปด้วยโปรตีนร้อยละ 14.92 ไขมันร้อยละ 5.98 ความชื้นร้อยละ 76.73 เถ้าร้อยละ 1.61 และค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 6.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเครื่องในปลาทับทิมโดยการย่อยด้วยเอนไซม์ปาเปน พบว่าการใช้เอนไซม์ปาเปนปริมาณร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนักวัตถุดิบ ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 6.3 อุณหภูมิ 25 °C และระยะเวลาการย่อย 90 นาที เป็นสภาวะที่ให้ระดับการย่อยสลายสูงสุด คือร้อยละ 83.83 ซึ่งให้ผลผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทร้อยละ 40 นอกจากนี้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 23.13

สิวิกา กิจสวัสดิ์ และนงพงา คุณจักร (2549) ศึกษาโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเลือดสุกร พบว่าจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อกิจกรรมของเอนไซม์โปรติเอส 3 ชนิด พบว่าเอนไซม์อัล

คาเลสมีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานที่ความเป็นกรด-ด่าง 8 อุณหภูมิ 50 °C เอนไซม์ Allzyme FPD และเอนไซม์โบรมิเลนมีสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานที่ความเป็นกรด-ด่าง 6 อุณหภูมิ 50 °C การคัดเลือกเอนไซม์ทั้ง 3 ชนิดในการย่อยโปรตีนจากเลือดสุกรพบว่าเอนไซม์อัลคาเลสมีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนได้ดีกว่าเอนไซม์ Allzyme FPD และเอนไซม์โบรมิเลน โดยให้ระดับการย่อยสลายสูงที่สุดร้อยละ 43.39 สำหรับสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยโปรตีนจากเลือดสุกรโดยเอนไซม์อัลคาเลสคือปริมาณโปรตีนร้อยละ 2 เอนไซม์ 30 ยูนิต ย่อยนาน 8 ชั่วโมง โดยให้ระดับการย่อยสลายสูงที่สุดร้อยละ 48.15 การทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้ พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทมีลักษณะในการยับยั้งแบคทีเรียในช่วงแคบโดยยับยั้งเฉพาะแบคทีเรีย แกรมบวก คือ *Bacillus cereus B.pumilus* และ *Staphylococcus aureus* โดยโปรตีนหรือเปปไทด์ที่มีมวลโมเลกุลมากกว่า 10 kDa มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

วราภรณ์ สุทธิวิชัยพร และคณะ (2551) การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากปลาด้วยเอนไซม์อัลคาเลสตรึงรูป พบว่าการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทโดยการนำหัวและไส้ปลาทรายแดงบดที่ผ่านการกำจัดไขมันมาย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสตรึงรูปใช้ปริมาณเอนไซม์ตรึงรูปที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายโปรตีนจากหัวและไส้ปลาทรายแดงบดความเข้มข้น 40 กรัม/ลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร คือ 0.2 กรัม โดยสภาวะการย่อยสลายที่ทำให้โปรตีนไฮโดครไลเสทมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุดคือ การย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 นาน 40 นาที ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้จะมีความสามารถในการเกิดอิมัลชันเท่ากับ 189.22 มิลลิตรน้ำมันต่อกรัมโปรตีน ที่ระดับการย่อยสลายเท่ากับร้อยละ 35.82 การใช้เอนไซม์อัลคาเลสตรึงรูปกลับมาใช้ซ้ำรวม 4 ครั้ง พบว่าระดับการย่อยสลายโปรตีนลดลงจากร้อยละ 35.82 เป็นร้อยละ 26.16, 20.12 ตามลำดับ และการนำส่วนของแข็งที่เหลือหลังการย่อยสลายกลับมาย่อยสลายซ้ำจะช่วยให้สกัดโปรตีนจากวัตถุดิบได้มากขึ้น โดยพบว่าการย่อยสลายซ้ำ 3 ครั้งจะสกัดโปรตีนได้เท่ากับร้อยละ 86.39

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

วัตถุดิบ

1. หมึกกระตอย ซื้อมาจากสะพานปลาอ่างศิลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี
2. ซีอิ๊วขาวตราเด็กสมบูรณ์ จากแมคโคร จ.ชลบุรี
3. น้ำตาลทรายตรามิตรผล จากท็อปส์มาร์เก็ต จ.ชลบุรี
4. เกลือตราปรุงทิพย์ จากท็อปส์มาร์เก็ต จ.ชลบุรี
5. แป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิด cross-linked จากบริษัท เควสท์เทค จำกัด
6. แป้งข้าวโพด จากท็อปส์มาร์เก็ต จ.ชลบุรี

สารเคมี

1. เอนไซม์อัลคาเลส บริษัท สยามวิคตอรี่เคมิคอล จำกัด
2. เอนไซม์ปาเปน บริษัท สยามวิคตอรี่เคมิคอล จำกัด
3. โซเดียมเบนโซเอต (Sodium benzoate, C_6H_5COONa)
4. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนพทาเลต (Potassium dihydrogen phthalate, KHP)
5. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
6. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid, HCl)
7. กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid, H_2SO_4)
8. กรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3)
9. คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper (II) sulfate, $CuSO_4$)
10. โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate, K_2SO_4)
11. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na_2CO_3)
12. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (Petroleum ether)
13. ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolpthalein)
14. เชอร์อินดิเคเตอร์ (Sher indicator) บริษัท Merck Ltd.

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องบดละเอียด (Waring blender) รุ่น Laboratory blender ประเทศอเมริกา
2. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ Heto รุ่น TE 2145 ประเทศเดนมาร์ก
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) Sartorius รุ่น BA 610 ประเทศเยอรมนี
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 2 ตำแหน่ง) Sartorius รุ่น BA 610 ประเทศเยอรมนี
5. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter) Schott รุ่น CG 842 ประเทศเยอรมนี
6. เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง Hermle รุ่น Sigma BS 5206 ประเทศเยอรมนี
7. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Stable Micro System รุ่น TA.XT plus ประเทศอังกฤษ
8. เครื่องวิเคราะห์ความหนืด Brookfield viscometer รุ่น Model DV-II+Viscometer ประเทศอังกฤษ
9. เครื่องวัดค่าสี Hunter Lab รุ่น Mini Scan XE Plus ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. เครื่องวิเคราะห์ไขมัน Gerhardt รุ่น S 306 A/AK ประเทศเยอรมนี
11. เครื่องย่อยสลายสาร (Digestion unit) Buchi รุ่น K 424 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
12. เครื่องกำจัดไอกรด (Scrubber unit) Buchi รุ่น B 414 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
13. เครื่องกลั่น (Distillation unit) Buchi รุ่น B 334 ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
14. เตาเผาอุณหภูมิสูง Muffle Furnaces model รุ่น CWF ประเทศอังกฤษ
15. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Binder รุ่น FD 53 ประเทศเยอรมนี
16. ตู้บ่มเชื้อ (Incubator) Memmert รุ่น Model 600 ประเทศเยอรมนี
17. ตู้แช่แข็ง Sanyo รุ่น SF-C1497WG ประเทศไทย
18. เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน (Hotplate and magnetic stirrer)
19. โถดูดความชื้น (Desicator)
20. กระดาษกรอง Whatman No.1
21. ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน 1 กิโลกรัม
22. อาหารเลี้ยงเชื้อ Compact Dry สำหรับวิเคราะห์ Total plate count บริษัท Nissui pharma ประเทศญี่ปุ่น
23. อาหารเลี้ยงเชื้อ Compact Dry สำหรับวิเคราะห์ Yeast and Mold บริษัท Nissui pharma ประเทศญี่ปุ่น
24. อุปกรณ์เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์ แท่งแก้ว เป็นต้น
25. อุปกรณ์งานครัว เช่น หม้อ เตาแก๊ส มีด เขียง และอ่างสแตนเลส เป็นต้น
26. วัสดุอื่นๆ เช่น อะลูมิเนียมฟอยด์ ถุงพลาสติก ผ้าไนลอน ฟิล์มยืด เป็นต้น
27. ภาชนะสำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

วิธีดำเนินการทดลอง

การตรียมหมึก

นำหมึกสดจากสะพานปลาอ่างศิลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี ซึ่งเป็นหมึกที่จับได้จากบริเวณชายฝั่งจังหวัดชลบุรี เก็บในช่องแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 °C ก่อนนำมาใช้ต้องนำหมึกแช่แข็งมาละลายโดยเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 °C) นาน 12 ชั่วโมง แล้วนำหมึกมาผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยการล้างทำความสะอาดโดยล้างด้วยน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 4 °C ดึงหัว ควักไส้ เอาถุงน้ำหมึกออกและนำเนื้อหมึกบรรจุใส่ถุงโพลีเอทิลีนเก็บในน้ำแข็งตลอดเวลาก่อนนำไปใช้

3.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลาย ปริมาณและชนิดของเอนไซม์ที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

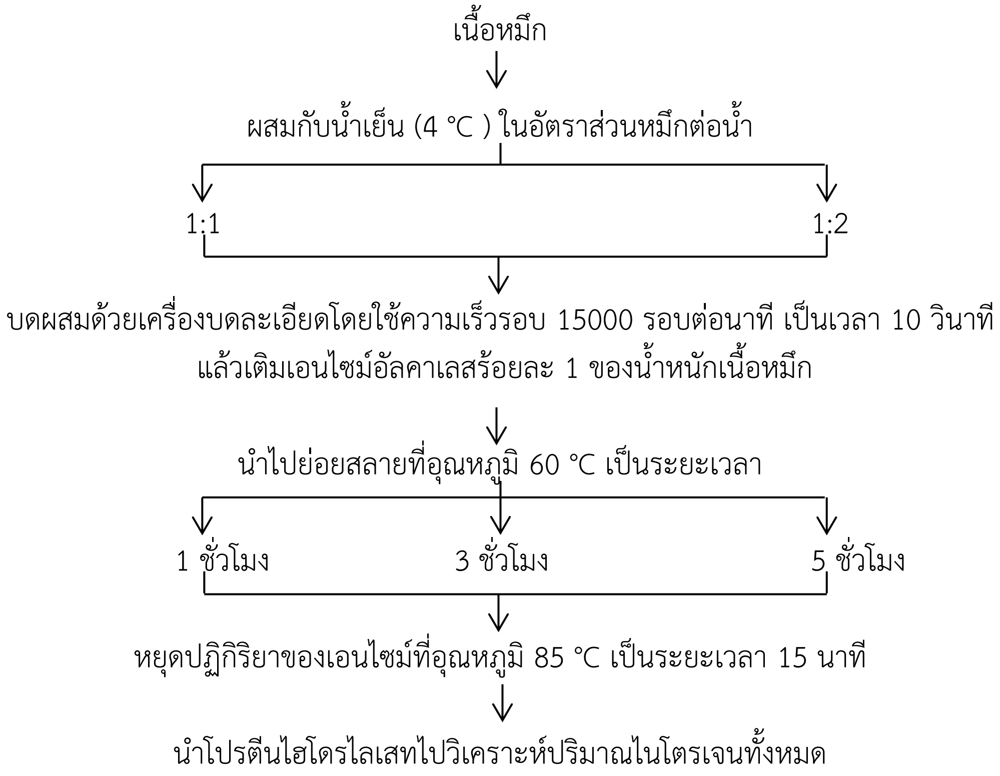
3.1.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

3.1.1.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกมาบดผสมกับน้ำเย็น (4°C) ในอัตราส่วนดังตารางที่ 3-1 ด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์อัลคาเลสปริมาณร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักเนื้อหมึกและนำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าเป็นระยะเวลาดังตารางที่ 3-1 ซึ่งเขย่าด้วยความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที (ศิริพร ไชยสงคราม, 2557) นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าไนลอน 3 ชั้น แล้วนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 3-1 อัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยเอนไซม์อัลคาเลส

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	ระยะเวลาในการย่อยสลาย (ชั่วโมง)
1	1:1	1
2	1:1	3
3	1:1	5
4	1:2	1
5	1:2	3
6	1:2	5


เนื้อหมึก
ผสมกับน้ำเย็น (4 °C) ในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ
1:1
1:2
บดผสมด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที
แล้วเติมเอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อหมึก
นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา
1 ชั่วโมง
3 ชั่วโมง
5 ชั่วโมง
หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที
นำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ภาพที่ 3-1 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลส

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.1.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยวิธี AOAC (2000) โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 10 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยหน่วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด คือ g Nitrogen/kg Sample ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก-1

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผน CRD (Factorial experiment in CRD) โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนหมึกต่อน้ำมี 2 ระดับ คือ 1:1 และ 1:2 ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการย่อยสลายมี 3 ระดับ คือ 1 3 และ 5 ชั่วโมง ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

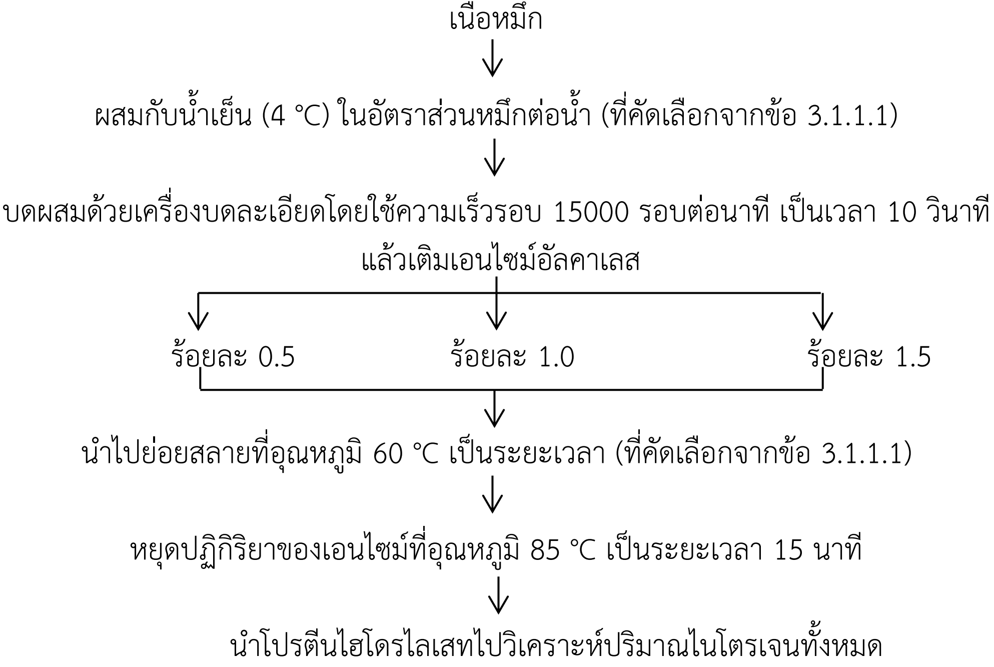
คัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์อัลคาเลส โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.1.2 ต่อไป

3.1.1.2 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกมาบดผสมกับน้ำเย็น (4°C) ในอัตราส่วนที่คัดเลือกมาจากข้อ 3.1.1.1 ด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์อัลคาเลสปริมาณดังตารางที่ 3-2 นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าในระยะเวลาที่คัดเลือกมาจากข้อ 3.1.1.1 ที่เขย่าด้วยความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที (ศิริพร ไชยสงคราม, 2557) นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าไนลอน 3 ชั้น แล้วนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 3-2 ปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

สิ่งทดลอง	ปริมาณของเอนไซม์ (ร้อยละต่อน้ำหนักเนื้อหมึก)
1	0.5
2	1.0
3	1.5


เนื้อหมึก
ผสมกับน้ำเย็น (4 °C) ในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ (ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1.1)
บดผสมด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์อัลคาเลส
ร้อยละ 0.5
ร้อยละ 1.0
ร้อยละ 1.5
นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา (ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1.1)
หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที
นำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ภาพที่ 3-2 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลส

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.1.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยวิธี AOAC (2000) โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 10 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยหน่วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด คือ g Nitrogen/kg Sample ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ก-1

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design : CRD) โดยมีปัจจัย คือ ปริมาณของเอนไซม์มี 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ต่อน้ำหนักเนื้อหมึก ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คัดเลือกปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.3 ต่อไป

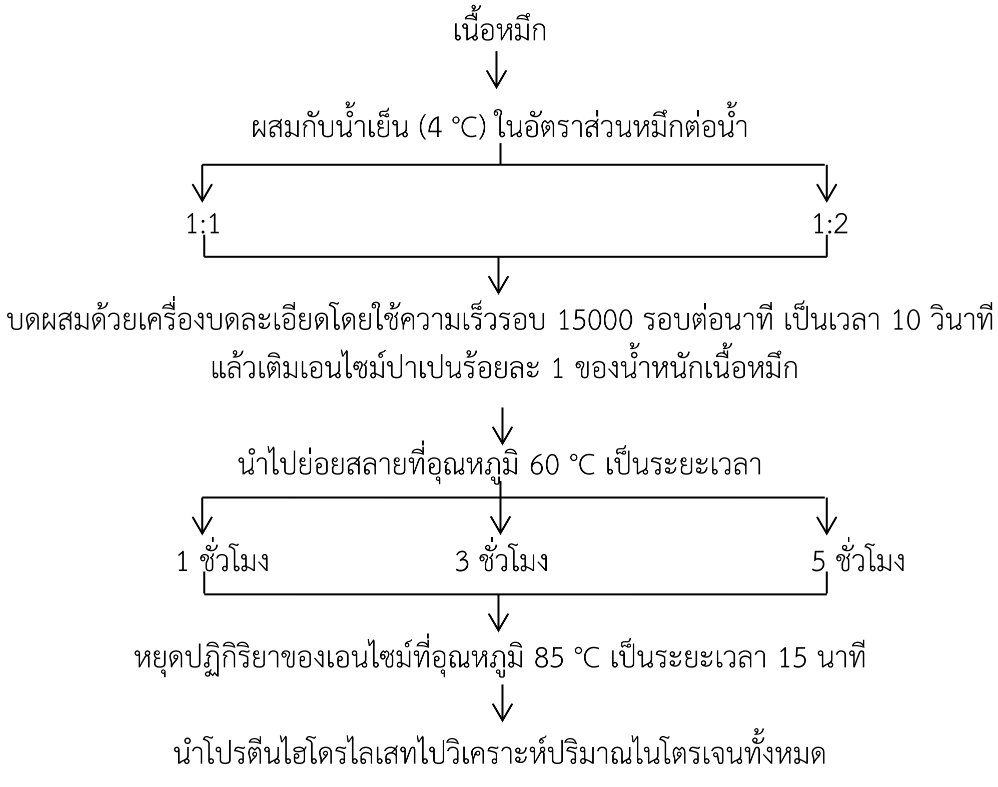
3.1.2 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

3.1.2.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกมาบดผสมกับน้ำเย็น (4 °C) ในอัตราส่วนดังตารางที่ 3-3 ด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์ปาเปนปริมาณร้อยละ 1 ต่อน้ำหนักเนื้อหมึกและนำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าเป็นระยะเวลาดังตารางที่ 3-3 ซึ่งเขย่าด้วยความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที (ศิริพร ไชยสงคราม, 2557) นำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าไนลอน 3 ชั้นแล้วนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 3-3 อัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยเอนไซม์ปาเปน

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	ระยะเวลาในการย่อยสลาย (ชั่วโมง)
1	1:1	1
2	1:1	3
3	1:1	5
4	1:2	1
5	1:2	3
6	1:2	5


เนื้อหมึก
ผสมกับน้ำเย็น (4 °C) ในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ
1:1
1:2
บดผสมด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที
แล้วเติมเอนไซม์ปาเปนร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อหมึก
นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา
1 ชั่วโมง
3 ชั่วโมง
5 ชั่วโมง
หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที
นำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ภาพที่ 3-3 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปน

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.2.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยวิธี AOAC (2000) โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 10 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยหน่วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด คือ g Nitrogen/kg Sample ดังตัวอย่างการคำนวณในภาผนวก ก-1

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผน CRD (Factorial experiment in CRD) โดยมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ อัตราส่วนหมึกต่อน้ำมี 2 ระดับ คือ 1:1 และ 1:2 ปัจจัยที่ 2 คือ ระยะเวลาในการย่อยสลายมี 3 ระดับ คือ 1 3 และ 5 ชั่วโมง ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

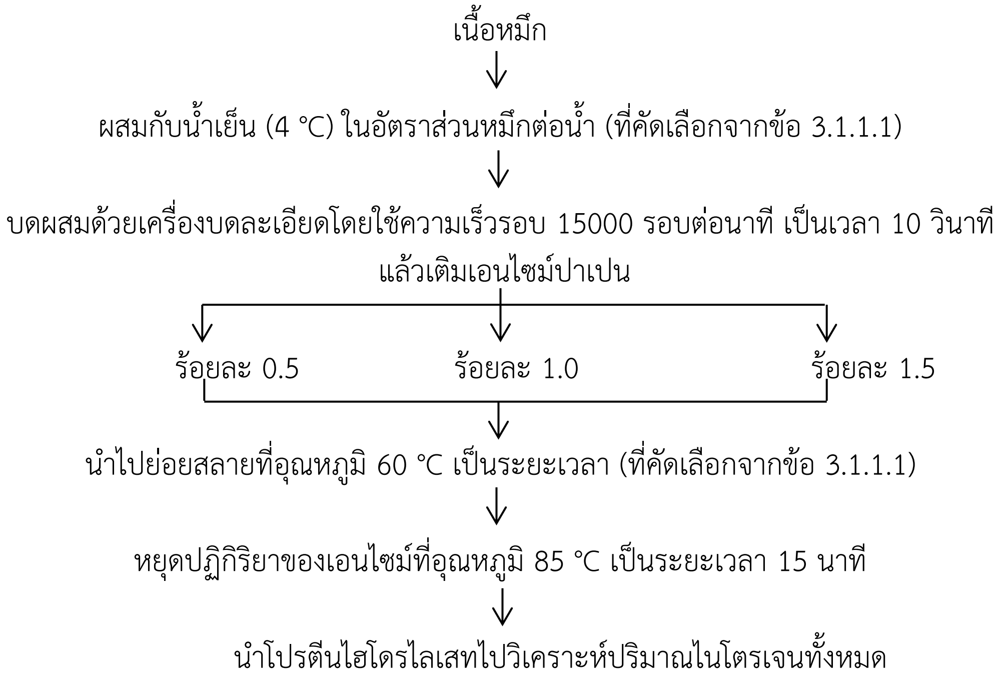
คัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์ปาเปน โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.2.2 ต่อไป

3.1.2.2 ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกมาบดผสมกับน้ำเย็น (4 ℃) ในอัตราส่วนที่คัดเลือกมาจากข้อ 3.1.2.1 ด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์ปาเปนปริมาณดังตารางที่ 3-4 นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 ℃ โดยใช้อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าในระยะเวลาที่คัดเลือกมาจากข้อ 3.1.2.1 ที่เขย่าด้วยความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที จากนั้นหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์โดยใช้อุณหภูมิ 85 ℃ เป็นระยะเวลา 15 นาที (ศิริพร ไชยสงคราม, 2557) แล้วนำตัวอย่างมากรองด้วยผ้าไนลอน 3 ชั้น แล้วนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ตารางที่ 3-4 ปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท

สิ่งทดลอง	ปริมาณของเอนไซม์ (ร้อยละต่อน้ำหนักเนื้อหมึก)
1	0.5
2	1.0
3	1.5


เนื้อหมึก
ผสมกับน้ำเย็น (4 °C) ในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ (ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1.1)
บดผสมด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้ความเร็วรอบ 15000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วินาที แล้วเติมเอนไซม์ปาเปน
ร้อยละ 0.5
ร้อยละ 1.0
ร้อยละ 1.5
นำไปย่อยสลายที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นระยะเวลา (ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1.1)
หยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ 85 °C เป็นระยะเวลา 15 นาที
นำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ภาพที่ 3-4 การย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกโดยแปรปริมาณของเอนไซม์ปาเปน

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยวิธี AOAC (2000) โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 10 กรัม ไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยหน่วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด คือ g Nitrogen/kg Sample ดังตัวอย่างการคำนวณในภาผนวก ก-1

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design : CRD) โดยมีปัจจัย คือ ปริมาณของเอนไซม์มี 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ต่อน้ำหนักเนื้อหมึก ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คัดเลือกปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.3

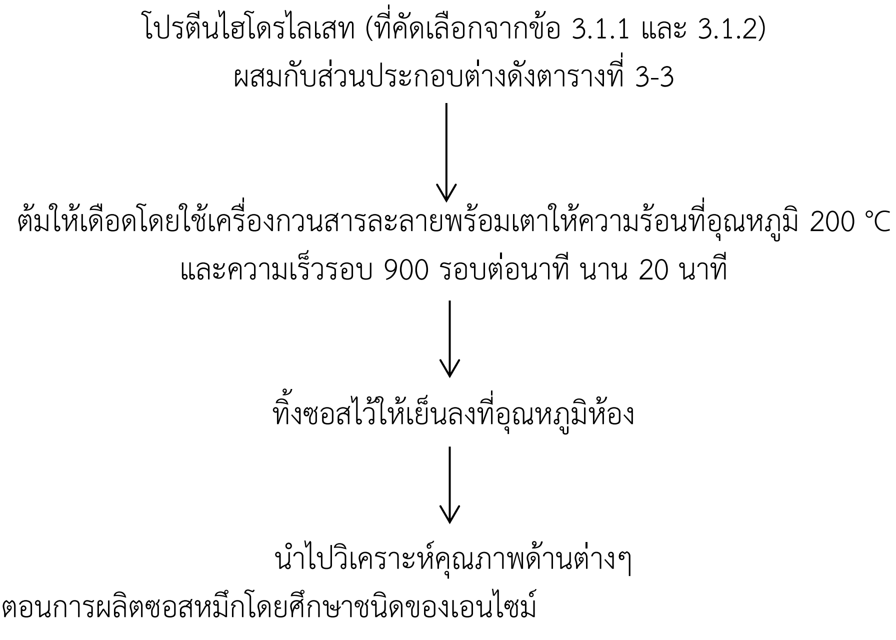
3.1.3 ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ได้คัดเลือกจากข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 มาผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ ดังตารางที่ 3-5 และนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน (Hotplate and magnetic stirrer) ที่อุณหภูมิ 200 °C และความเร็ว 900 รอบต่อนาที นาน 20 นาที จากนั้นปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มยืด รอให้ซอสเย็นลงโดยวางไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ

ตารางที่ 3-5 ส่วนประกอบของซอสหมึก

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
โปรตีนไฮโดรไลเสท	30.0
ซีอิ๊ว	28.8
น้ำ	16.4
น้ำตาล	10.1
เกลือ	8.1
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	5.0
แป้งข้าวโพด	1.5
โซเดียมเบนโซเอต	0.1

ที่มา: ดัดแปลงจากซอสหอยนางรมตราแม่ครัว


โปรตีนไฮโดรไลเสท (ที่คัดเลือกจากข้อ 3.1.1 และ 3.1.2)
ผสมกับส่วนประกอบต่างดังตารางที่ 3-3
ต้มให้เดือดโดยใช้เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C
และความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที นาน 20 นาที
ทิ้งซอสไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง
นำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ

ภาพที่ 3-5 ขั้นตอนการผลิตซอสหมึกโดยศึกษาชนิดของเอนไซม์

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.1.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.1.3.1.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยวิธี AOAC (2005) แสดงดังภาคผนวก ก-2

3.1.3.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (2000) แสดงดังภาคผนวก ก-6

3.1.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.1.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยดัดแปลงจากวิธีของฉัตรดาณ์ เรืองบุรพ (2549) แสดงดังภาคผนวก ข-2

3.1.3.2.2 การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

วิเคราะห์ค่าการแยกชั้นตามวิธีของกสิภูมิ ทวนคงและคณะ (2557) แสดงดังภาคผนวก ข-3

3.1.3.2.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังภาคผนวก ข-1

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด การแยกชั้น และค่าสี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัย คือ ชนิดของเอนไซม์มี 2 ชนิด ได้แก่ อัลคาเลสและปาเปน นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.1.3.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติ และความชอบโดยรวม (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยประเมินผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด นำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อให้พิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก และความชอบโดยรวม ส่วนความชอบในด้านรสชาติจะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัม มาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัมผัดด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของ วรรณบดี เอกปิยะกุล, 2549)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design: RCBD) โดยมีปัจจัย คือ ชนิดของเอนไซม์มี 2 ชนิด ได้แก่ อัลคาเลสและปาเปน จัดให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก (Block) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คัดเลือกชนิดของเอนไซม์ที่มีผลต่อคุณภาพซอสหมึก โดยพิจารณาจากซอสหมึกที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและคะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึก เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.2 ต่อไป

3.2 ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพของซอสหมึก

ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพซอสหมึก โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 3.1.3 มาแปรปริมาณเป็น 30 40 50 และ 60 กรัม ผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ ดังตารางที่ 3-6 และนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อน (Hotplate and magnetic stirrer) ที่อุณหภูมิ 200 °C และความเร็ว 900 รอบต่อนาที นาน 20 นาที จากนั้นปิดปากบีกเกอร์ด้วยฟิล์มยืด รอให้ซอสเย็นลงโดยวางไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วนำไปวิเคราะห์ค่าต่างๆ

ตารางที่ 3-6 ส่วนประกอบในการผลิตซอสหมึก

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม) (ร้อยละโปรตีนไฮโดรไลเสทจากสูตรเดิม)			
	สิ่งทดลอง 1	สิ่งทดลอง 2	สิ่งทดลอง 3	สิ่งทดลอง 4
โปรตีนไฮโดรไลเสท	30 (100.00)	40 (133.33)	50 (166.67)	60 (200.00)
ซีอิ๊ว	28.8	28.8	28.8	28.8
น้ำ	16.4	16.4	16.4	16.4
น้ำตาล	10.1	10.1	10.1	10.1
เกลือ	8.1	8.1	8.1	8.1
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	5.0	5.0	5.0	5.0
แป้งข้าวโพด	1.5	1.5	1.5	1.5
โซเดียมเบนโซเอต	0.1	0.1	0.1	0.1

นำโปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 40 50 และ 60 กรัม
ผสมกับส่วนประกอบอื่นดังตารางที่ 3-6

↓

ต้มให้เดือดโดยใช้เครื่องกวนสารละลายพร้อมเตาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200 °C
ใช้ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที นาน 20 นาที

↓

ทิ้งซอสไว้ให้เย็นลงที่อุณหภูมิห้อง

↓

นำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ

ภาพที่ 3-6 ขั้นตอนการผลิตซอสหมึกโดยศึกษาปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.2.1.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยวิธี AOAC (2005) แสดงดังภาคผนวก ก-2

3.2.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (2000) แสดงดังภาคผนวก ก-6

3.2.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.2.2.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยดัดแปลงจากวิธีของฉัตรดาณ์ เรืองบุรพ (2549) แสดงดังภาคผนวก ข-2

3.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

วิเคราะห์ค่าการแยกชั้นตามวิธีของกสิภูมิ ทวนคงและคณะ (2557) แสดงดังภาคผนวก ข-3

3.2.2.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังภาคผนวก ข-1

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด การแยกชั้นและค่าสีวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัย คือ ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกมี 4 ระดับ ได้แก่ 30 40 50 และ 60 กรัม นำผล

การทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติและความชอบโดยรวม (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยประเมินผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทในปริมาณที่ต่างกัน นำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อให้พิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก และความชอบโดยรวม ส่วนความชอบในด้านรสชาติจะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัม มาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม ผัดด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของวรรณบดี เอกปิยะกุล, 2549)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design: RCBD) โดยมีปัจจัย คือ ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกมี 4 ระดับ ได้แก่ 30 40 50 และ 60 กรัม จัดให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก (Block) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คัดเลือกปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในการผลิตซอสหมึก โดยพิจารณาจากซอสหมึกที่ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและคะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึก เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.3 ต่อไป

3.3 ศึกษาคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษา

ศึกษาคุณภาพของซอสหมึกระหว่างการเก็บรักษา โดยนำซอสหมึกที่ใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท 40 กรัม ที่คัดเลือกจากข้อที่ 3.2 ผลิตด้วยวิธีการผลิตซอสหมึกดังภาพที่ 3-6 บรรจุขณะร้อน (Hot fill) ที่อุณหภูมิสูงกว่า 77 °C ลงในขวดแก้วใสขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที ปิดฝาทันทีแล้วคว่ำขวดเพื่อฆ่าเชื้อบริเวณส่วนฝา นาน 20 วินาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้ทึบแสงที่อุณหภูมิห้อง โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและทางกายภาพของซอสหมึกทุกๆ 1 สัปดาห์ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาเพื่อหาอายุการเก็บรักษาจะตรวจวิเคราะห์ทุก 1 เดือน จนครบ 10 เดือน หรือจนกว่าจะเกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชมซอสหอยนางรม (เลขที่ มผช.1016/2548) ที่กำหนดให้มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 10^4 cfu/g หรือ มีปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 100 cfu/g โดยวิเคราะห์ดังนี้

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.3.1.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยวิธี AOAC (2005) แสดงดังภาคผนวก ก-2

3.3.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (2000) แสดงดังภาคผนวก ก-6

3.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.3.2.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยดัดแปลงจากวิธีของฉัตรดาณ์ เรืองบุรพ (2549) แสดงดังภาคผนวก ข-2

3.3.2.2 การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

วิเคราะห์ค่าการแยกชั้นตามวิธีของกสิภูมิ ทวนคงและคณะ (2557) แสดงดังภาคผนวก ข-3

3.3.2.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังภาคผนวก ข-1

3.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา

วิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยาโดยนำตัวอย่างซอสหมึกไปตรวจสอบการเจริญของจุลินทรีย์ทุกๆ 1 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน ซึ่งหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดด้วยวิธี BAM (1998) ปริมาณยีสต์และราทั้งหมดด้วยวิธี BAM (1998) ดังภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด การแยกชั้น และค่าสี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัย คือ เวลาในการเก็บรักษามี 4 ระดับ คือ 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า ได้แก่ ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์

การวิเคราะห์คุณภาพ

3.4.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

3.4.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธี AOAC (2000) แสดงดังภาคผนวก ก-1 ก-4 ก-5 ก-3

3.4.1.2 การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยวิธี AOAC (2005) แสดงดังภาคผนวก ก-2

3.4.1.3 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดด้วยวิธี AOAC (2000) แสดงดังภาคผนวก ก-6

3.4.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

3.4.2.1 การวิเคราะห์ค่าความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยดัดแปลงจากวิธีของฉัตรดาณ์ เรืองบุรพ (2549) แสดงดังภาคผนวก ข-2

3.4.2.2 การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

วิเคราะห์ค่าการแยกชั้นตามวิธีของกสิภูมิ ทวนคงและคณะ (2557) แสดงดังภาคผนวก ข-3

3.4.2.3 การวิเคราะห์ค่าสี

วิเคราะห์ค่าสี L^* a^* และ b^* แสดงดังภาคผนวก ข-1

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด การแยกชั้นและค่าสี วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัย คือ ชนิดของซอสแบ่งเป็น 4 ชนิด ได้แก่ ซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (*DMRT*) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติ และความชอบโดยรวม (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยประเมินผลิตภัณฑ์ซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้าที่ยี่ห้อต่างกัน นำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อให้พิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึกและความชอบโดยรวม ส่วนคะแนนใน

ด้านรสชาติจะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัม มาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม ผัดด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของวรรณบดี เอกปิยะกุล, 2549)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomize Complete Block Design: RCBD) โดยมีปัจจัย คือ ชนิดของซอสมี 4 ชนิด ได้แก่ ซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ จัดให้ผู้ทดสอบเป็นบล็อก (Block) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS version 17.0 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลาย ปริมาณและชนิดของเอนไซม์ที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

4.1.1 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

4.1.1.1 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 ร่วมกับการแปรระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมแล้วมาบดผสมกับน้ำในอัตราส่วนดังตารางที่ 3-1 และมีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-1 หลังจากการผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทแล้ว จึงนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ดังภาคผนวก ก-1 เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยพิจารณาโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.1.2 ต่อไป ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีการแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลส ซึ่งวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-1 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ($p>0.05$) จึงแยกวิเคราะห์ตามแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการแปรปัจจัยด้านอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์อัลคาเลส

ค่าคุณภาพ	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	ระยะเวลาในการย่อยสลาย	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ × ระยะเวลาในการย่อยสลาย
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากเอนไซม์อัลคาเลส	*	*	ns

* หมายถึง มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4-2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง

อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	ระยะเวลาในการย่อยสลาย (ชั่วโมง)			ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด* (g/kg)
	1	3	5	
1:1	16.85 ± 0.22	18.75 ± 0.14	19.77 ± 0.06	18.46 ± 1.33^{b}
1:2	18.22 ± 0.08	19.72 ± 0.30	20.04 ± 0.79	19.33 ± 0.95^{a}
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด** (g/kg)	17.54 ± 0.80^{B}	19.24 ± 0.59^{A}	19.90 ± 0.48^{A}	

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

* แยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ

** แยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการย่อย

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง* แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวนอน* แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-2 และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-1 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์อัลคาเลส โดยแยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อไนโตรเจนทั้งหมด คือ การแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำในระดับต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่แปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด คือ 19.33 g/kg

สำหรับการวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยของระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรระยะเวลาในการย่อยสลาย 3 และ 5 ชั่วโมงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการย่อยสลายที่มากขึ้น ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเมื่อเวลาที่ใช้ย่อยนานขึ้น เอนไซม์ทำงานได้นานจึงทำให้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตได้มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งปริมาณไนโตรเจนจะเริ่มคงที่เพราะการใช้เอนไซม์ในการย่อยสลายในช่วงต้นของการย่อยเอนไซม์จะเข้าจับกับโปรตีนอย่างรวดเร็วเกิดการย่อยสลายจนทำให้เกิดเปปไทด์ขึ้น จากนั้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นจะเกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แบบแข่งขัน (Competition inhibition) โดยเปปไทด์ที่เกิดสามารถจับกับบริเวณเร่ง (Catalytic site) ของเอนไซม์ได้เช่นเดียวกับโปรตีนซึ่งเป็นซับเสรท ทำให้เกิดการแข่งขันระหว่างตัวยับยั้งกับซับสเตรทในการที่จะจับเอนไซม์ที่บริเวณเร่งเดียวกันทำให้ความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเริ่มคงที่ (จรินทร์ สว่างแจ้ง, 2544)

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์อัลคาเลส โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด จึงคัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.1.2 ต่อไป

4.1.1.2 ผลของปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

จากผลการทดลองข้อ 4.1.1.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง จึงนำมาศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยแปรปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกแล้วมาบดผสมกับน้ำในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อย 3 ชั่วโมง มีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-2 หลังจากการผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทแล้ว จึงนำโปรตีนไฮโดรไล

เสทไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ดังภาคผนวก ก-1 เพื่อคัดเลือกปริมาณเอนไซม์อัล-คาเลสที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยพิจารณาโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเพื่อนำไปทดลองข้อ 3.13 ต่อไป ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.1.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีการแปรปริมาณเอนไซม์อัลคาเลสในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-3 และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-3 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีค่าต่ำสุด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และสูงกว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเอนไซม์ที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yu and Tan (1992) ศึกษาการย่อยสลายเนื้อปลา *Orechromis mossambicus* ด้วยเอนไซม์อัลคาเลส พบว่าเมื่อปริมาณเอนไซม์ที่ใช้เพิ่มขึ้นทำให้ระดับการย่อยสลายมีค่าสูงขึ้นและการใช้เอนไซม์ที่ร้อยละ 2.0 ของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะทำให้ได้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ผลิตได้สูงสุด

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกปริมาณของเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด จึงคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสปริมาณร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักเนื้อหมึก เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.3 ต่อไป

ตารางที่ 4-3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5

ปริมาณของเอนไซม์ (ร้อยละ)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (g/kg)
0.5	18.83 ± 0.37^{b}
1.0	19.82 ± 0.15^{a}
1.5	20.53 ± 0.12^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.1.2 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

4.1.2.1 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 ร่วมกับการแปรระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมแล้วมาบดผสมกับน้ำในอัตราส่วนดังตารางที่ 3-3 และมีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-3 หลังจากการผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทแล้ว จึงนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ดังภาคผนวก ก-1 เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยพิจารณาโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเพื่อนำไปทดลองข้อ 3.1.2.2 ต่อไป ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีการแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปน ซึ่งวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-2 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-4 ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่าอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (p>0.05) จึงแยกวิเคราะห์ตามแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสท ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการแปรปัจจัยด้านอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์ปาเปน

ค่าคุณภาพ	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	ระยะเวลาในการย่อยสลาย	อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ × ระยะเวลาในการย่อยสลาย
ปริมานไนโตรเจนที่ได้จากเอนไซม์ปาเปน	*	*	ns

* หมายถึง มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4-5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ปาเปนในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง

อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ	เวลาในการย่อยสลาย (ชั่วโมง)			ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด* (g/kg)
	1	3	5	
1:1	14.97 ± 0.28	16.72 ± 0.65	18.98 ± 0.46	16.89 ± 1.83^{b}
1:2	19.85 ± 0.21	20.65 ± 0.28	21.97 ± 0.36	20.82 ± 0.98^{a}
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด** (g/kg)	17.41 ± 2.82^{C}	18.69 ± 2.30^{B}	20.47 ± 1.75^{A}	

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

* แยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ

** แยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยระยะเวลาในการย่อย

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง* แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

A, B, C หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวนอน* แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-5 และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติ ดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-2 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปน โดยแยกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยที่มีผลต่อไนโตรเจนทั้งหมด คือ การแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำในระดับต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่แปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด คือ 20.82 g/kg

สำหรับการวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยของระยะเวลาในการย่อยสลาย 1 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรระยะเวลาในการย่อยสลายในระดับต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการย่อยสลายที่มากขึ้น ซึ่งโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด คือ 20.47 g/kg เนื่องจากในช่วงต้นของการย่อยสลาย เอนไซม์จะเข้าไปจับกับโปรตีนอย่างรวดเร็วจนเกิดการย่อยสลายโปรตีนให้กลายเป็นเปปไทด์สานสั้นๆ จากนั้นเมื่อเวลาการย่อยสลายมากขึ้นจะเกิดการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แบบแข่งขันระหว่างเปปไทด์ที่เกิดขึ้นกับโปรตีนในการจับกับเอนไซม์ จึงทำให้ความเร็วของการเกิดปฏิกิริยาที่เปลี่ยนโปรตีนให้กลายเป็นเปปไทด์เริ่มคงที่ ซึ่งเวลาการย่อยสลายที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวของแต่ละเอนไซม์นั้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ (Adler-Nissan, 1986)

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกของเอนไซม์ปาเปน โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด จึงคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.2.2 ต่อไป

4.1.2.2 ผลของปริมาณเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก

จากผลการทดลองข้อ 4.1.2.1 ศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลายของเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก พบว่าได้คัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง จึงนำมาศึกษาผลของปริมาณเอนไซม์ปาเปนที่มีต่อคุณภาพของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยแปรปริมาณเอนไซม์ปาเปนร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก โดยนำเนื้อหมึกที่ผ่านขั้นตอนการเตรียมหมึกแล้วมาบดผสมกับน้ำในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง มีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-4 หลังจากการผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทแล้ว จึงนำโปรตีนไฮโดรไลเสทไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ดังภาคผนวก ก-1 เพื่อคัดเลือกปริมาณ

เอนไซม์ปาเปนที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท โดยพิจารณาโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดเพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.3 ต่อไป ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีการแปรปริมาณเอนไซม์ปาเปนในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-6 และจากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-4 เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีการแปรปริมาณของเอนไซม์ปาเปนร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 0.5 และ 1.0 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปริมาณร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของศิริพร ไชยสงคราม (2557) ได้ศึกษาความเข้นข้นของเอนไซม์ที่เหมาะสมในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวกุ้ง พบว่าระดับความเข้นข้นของเอนไซม์มีแนวโน้มทำให้ค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีโอกาสที่เอนไซม์จะจับกับโมเลกุลของโปรตีนมากขึ้น เป็นผลให้ค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเอนไซม์จนกระทั่งปริมาณเอนไซม์ที่ใช้เพียงพอกับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ ค่าระดับการย่อยสลายจะคงที่แม้เพิ่มปริมาณเอนไซม์ขึ้นอีกก็ไม่ทำให้ค่าระดับการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกปริมาณของเอนไซม์ปาเปนที่ใช้ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยพิจารณาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด จึงคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปาเปนปริมาณร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก เพื่อนำไปทดลองในข้อ 3.1.3 ต่อไป

ตารางที่ 4-6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ปาเปนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5

ปริมาณของเอนไซม์ (ร้อยละ)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (g/kg)
0.5	20.17 ± 0.02^{b}
1.0	20.64 ± 0.37^{b}
1.5	22.32 ± 0.58^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.1.3 ผลการเปรียบเทียบคุณภาพซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

จากผลการทดลองข้อที่ 4.1.1 และ 4.1.2 ผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลายและปริมาณเอนไซม์ที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ซึ่งได้คัดเลือกเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาการย่อยสลาย 3 ชั่วโมง และปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 1.0 ของน้ำหนักเนื้อหมึก และเอนไซม์ปาเปนที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง และปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก นำมาศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน โดยนำโปรตีนไฮโดรไลเสทมาผสมกับส่วนประกอบอื่นๆ แสดงดังตารางที่ 3-5 และมีขั้นตอนในการผลิตดังภาพที่ 3-5 หลังจากการผลิตเป็นซอสหมึกและผ่านการทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมด การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าความหนืด การแยกชั้น ค่าสี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน เพื่อคัดเลือกชนิดของเอนไซม์ในการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีผลต่อคุณภาพของซอสหมึกโดยพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นหมึก เพื่อใช้ในการทดลองข้อ 3.2 ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.1.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.1.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-7 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-5 เป็นการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากการใช้เอนไซม์ ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ทำงานได้ดีที่สุด ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงระหว่าง 5 ถึง 9 โดยความสามารถของเอนไซม์ในการจับกับซับสเตรทจะทำให้เกิดการสลายพันธะเปปไทด์ได้เป็นกรดอะมิโนซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นกรดและชนิดที่เป็นเบส (ดนัย บุณยเกียรติ, 2546) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกด้วยเอนไซม์ปาเปนสูงกว่าอัลคาเลสอาจเป็นผลมาจากเอนไซม์ปาเปนสามารถสลายพันธะเปปไทด์ได้กรดอะมิโนชนิดที่เป็นเบสมากกว่าการใช้เอนไซม์อัลคาเลส

ตารางที่ 4-7 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
อัลคาเลส	5.16 ± 0.01[b]
ปาเปน	5.23 ± 0.01[a]

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.1.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-8 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-6 เป็นการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท พบว่าชนิดของเอนไซม์มีผลต่อค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เนื่องจากสภาวะในการย่อยสลายของเอนไซม์ทั้งสองชนิดได้ถูกคัดเลือกมาอย่างเหมาะสม จึงทำให้เกิดการย่อยสลายเนื้อหมึกได้อย่างสมบูรณ์ โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลส (19.82±0.15 g/kg) และปาเปน (22.32±0.58g/kg) มีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-3 และ 4-6 อีกทั้งส่วนประกอบต่างๆ ในการผลิตซอสได้มีการควบคุมให้มีปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งอาจเป็นผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-8 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	ปริมาณของแข็งทั้งหมด [ns] (ร้อยละ)
อัลคาเลส	41.85 ± 1.96
ปาเปน	41.31 ± 0.06

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.1.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด

การวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-9 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-7 เป็นการวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท พบว่าชนิดของเอนไซม์มีผลต่อค่าความหนืดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลส (19.82±0.15 g/kg) และปาเปน (22.32±0.58 g/kg) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-3 และ 4-6 และซอสหมึกที่ผลิตได้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกันดังตารางที่ 4-8 ซึ่งเมื่อนำมาผลิตเป็นซอสได้มีการควบคุมปริมาณส่วมผสมต่างๆ ที่เท่ากัน จึงอาจเป็นผลให้ค่าความหนืดที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-9 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	ค่าความหนืด ^{ns} (cP)
อัลคาเลส	9404.66 ± 744.51
ปาเปน	8738.14 ± 179.97

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-10 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-8 เป็นการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท พบว่าชนิดของเอนไซม์มีผลต่อค่าการแยกชั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) เนื่องจากการใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนย่อยสลายเนื้อหมึกได้ปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่แตกต่างกันดังตารางที่ 4-8 และส่วนประกอบในการผลิตซอสมีการควบคุมในปริมาณเท่ากัน ด้วยวิธีการผลิตที่เหมือนกันจึงส่งผลให้การแยกชั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-10 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	การแยกชั้น ^{ns} (ร้อยละ)
อัลคาเลส	23.50 ± 1.01
ปาเปน	23.26 ± 1.49

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.1.3.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-11 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-9 ถึง ฉ-11 เป็นการวิเคราะห์ค่าสีของซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท พบว่าค่า a* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เนื่องจากซอสมีส่วนประกอบของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์ต่างชนิดกันโดยโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนใช้ระยะเวลาในการย่อยสลาย (5 ชม.) นานกว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์อัลคาเลส (3 ชม.) อาจเนื่องจากการใช้ระยะเวลาในการย่อยสลายนานกว่าที่อุณหภูมิ 60 °C อาจทำให้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่ใช้เอนไซม์ปาเปนในการย่อยสลายมีสีเข้มกว่าจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยจากการสังเกตพบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนมีลักษณะเป็นสีแดงมากกว่า จึงอาจเป็นผลทำให้ค่า a* ของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนมีค่ามากกว่าซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์อัลคาเลส ส่วนค่า L* และ b* มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4-11 ค่าสีของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	ค่าสี		
	$L^{*\,ns}$	a^*	$b^{*\,ns}$
อัลคาเลส	21.04 ± 1.82	12.87 ± 0.28^{b}	24.30 ± 1.81^{ns}
ปาเปน	21.14 ± 0.83	14.26 ± 0.21^{a}	23.66 ± 0.91^{ns}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้ง *แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.3.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point Hedonic scale โดยนำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก และความชอบโดยรวม ส่วนในความชอบด้านรสชาติจะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัมมาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม โดยผัดให้เข้ากัน จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-12 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-12 ถึง ฉ-16 เป็นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสท พบว่าคะแนนความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาด้านลักษณะปรากฏและกลิ่นหมึก พบว่ามีคะแนนความชอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเลเสทที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนได้รับคะแนนมากกว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเลเสทที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.27 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะซอสหมึกที่ย่อยสลายจากเอนไซม์อัลคาเลสมีค่าทางกายภาพที่มากกว่าเช่น ค่าความหนืดและค่าการแยกชั้น จึงทำให้ได้รับคะแนนความชอบลักษณะปรากฏน้อยว่าซอสหมึกที่ย่อยสลายจากเอนไซม์ปาเปน ส่วนคะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึกของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเลเสทที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนได้รับคะแนนมากกว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเลเสทที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์อัลคาเลสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 6.57 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง เนื่องจากเอนไซม์ปาเปนมีกลิ่นฉุนเมื่อย่อยสลายสมบูรณ์จึงอาจทำให้ซอสมีกลิ่นหมึกที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก และนงนุช รักสกุลไทย ศึกษาการใช้เอนไซม์ปาเปนและบรอมเมลินในการทำซอสหอยนางรม พบว่าการใช้เอนไซม์ปาเปนในการผลิตซอสหอยนางรมมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงที่สุด

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกชนิดของเอนไซม์ในการย่อยสลายโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีผลต่อคุณภาพของซอสหมึกโดยพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นหมึก พบว่าซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปนได้คะแนนความชอบโดยรวมและความชอบด้านรสชาติแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จึงพิจารณาจากคะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึก พบว่าซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์ปาเปนได้คะแนนสูงสุด ดังนั้นจึงคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนไปใช้ในการผลิตซอสหมึกในข้อ 3.2

ตารางที่ 4-12 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

เอนไซม์	คุณลักษณะ				
	ลักษณะปรากฏ	สี ^{ns}	กลิ่นหมึก	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
อัลคาเลส	6.67 ± 1.28^{b}	6.67 ± 1.54	5.80 ± 1.32^{b}	6.63 ± 1.16	6.60 ± 1.28
ปาเปน	7.27 ± 1.20^{a}	7.03 ± 1.19	6.57 ± 1.36^{a}	6.67 ± 1.54	7.00 ± 1.46

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง

a, b หมายถึง ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2 ผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพของซอสหมึก

จากผลการทดลองข้อที่ 4.1.3 ศึกษาผลของการเปรียบเทียบคุณภาพของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ใช้เอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน ได้คัดเลือกซอสหมึกที่ใช้เอนไซม์ปาเปนในการย่อยสลายด้วยอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง จึงนำมาศึกษาการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ระดับ 30 40 50 และ 60 กรัม ที่มีผลต่อคุณภาพของซอสหมึกซึ่งมีส่วนผสมแสดงดังตารางที่ 3-5 และมีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 3-5 หลังจากการผลิตเป็นซอสหมึกและผ่านการทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมด การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าความหนืด การแยกชั้น ค่าสี และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ Hedonic scale แบบ 9 ระดับคะแนน เพื่อคัดเลือกปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีผลต่อคุณภาพของซอสหมึกโดยพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมของซอสหมึกสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นหมึก เพื่อใช้ในการทดลองข้อ 3.3 ต่อไป ได้ผลการทดลองดังนี้

4.2.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ ได้ผลการ

ทดลองดังตารางที่ 4-13 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-17 เป็นการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 30 กรัม มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุด เมื่อใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 40 50 และ 60 กรัม มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีค่าสูงกว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 กรัม เนื่องจากการใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ซอสหมึกมีปริมาณของกรดอะมิโนที่มาจากการย่อยสลายมากขึ้น โดยกรดอะมิโนมีทั้งชนิดที่เป็นกรดและชนิดที่เป็นเบส ซึ่งการเพิ่มปริมาณของโปรตีนไฮโดรไลเสทนั้นอาจทำให้มีปริมาณกรดอะมิโนชนิดที่เป็นเบสมากกว่าชนิดที่เป็นกรด จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มสูงขึ้น (ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์, 2544)

ตารางที่ 4-13 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	ความเป็นกรด-ด่าง
30	5.44 ± 0.04^{b}
40	5.52 ± 0.03^{a}
50	5.53 ± 0.03^{a}
60	5.58 ± 0.04^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง [*] แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-14 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-18 เป็นการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 กรัม มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดสูงสุด คือ ร้อยละ 41.32 และการเพิ่มปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 60 กรัม มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดต่ำสุด คือ ร้อยละ 28.29 เนื่องจากการใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดร-

ไลเสทที่เพิ่มขึ้นทำให้ซอสมีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทสูงขึ้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด คือ การระเหยแยกเอาส่วนของน้ำออกให้หมดจนเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็งแล้วรายงานผลในรูปน้ำหนักของแข็งต่อน้ำหนักตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่มีองค์ประกอบของน้ำมากส่งผลให้สัดส่วนของของของแข็งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยไปมีค่าน้อยจึงทำให้ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มลดลง (แอ็ซซิซ อิมแพคท์, 2554)

ตารางที่ 4-14 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)
30	41.32 ± 0.01^{a}
40	35.40 ± 0.16^{b}
50	30.58 ± 0.10^{c}
60	28.29 ± 0.04^{d}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด

การวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-15 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-19 เป็นการวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าค่าความหนืดของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 กรัม มีค่าความหนืดสูงสุด คือ 8938.09 cPและการเพิ่มปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 60 กรัม มีค่าความหนืดต่ำสุด คือ 1246.40 cP เนื่องจากการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นทำให้ซอสมีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทสูงขึ้น โดยค่าความหนืดเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของของเหลวที่เกี่ยวข้องกับแรงดึงดูดของโมเลกุล ถ้าโมเลกุลของของเหลวมีแรงดึงดูดน้อยความหนืดที่วัดได้จะน้อยเช่นกันเพราะโมเลกุลจะสามารถเคลื่อนที่ไปบนโมเลกุลอื่นได้ง่าย

ซึ่งการเพิ่มโมเลกุลของน้ำจะเป็นตัวช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ง่ายขึ้น (นิรันดร์ สุวรัตน์, 2544) ส่งผลให้ค่าความหนืดที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มลดลง

ตารางที่ 4-15 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	ความหนืด (cP)
30	8938.09 ± 131.12^{a}
40	6711.91 ± 133.14^{b}
50	3159.33 ± 355.45^{c}
60	1246.40 ± 98.63^{d}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b,… หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง *แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-16 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-20 เป็นการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้น โดยการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 กรัม มีค่าการแยกชั้นต่ำสุด คือ ร้อยละ 11.68 และการเพิ่มปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 60 กรัม มีค่าการแยกชั้นสูงสุด คือ ร้อยละ 44.86 เนื่องจากการใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่เพิ่มขึ้นทำให้ซอสมีองค์ประกอบของน้ำสูงขึ้น โดยน้ำจะเป็นตัวช่วยให้เกิดการละลายของส่วนประกอบอื่นๆ ได้ดี แต่หากปริมาณน้ำที่มากจนเกินไปจะทำให้ซอสมีลักษณะเหลวจึงเกิดการแยกชั้นได้ง่าย

ตารางที่ 4-16 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	การแยกชั้น (ร้อยละ)
30	11.68 ± 0.91^{d}
40	19.95 ± 0.41^{c}
50	33.28 ± 0.70^{b}
60	44.86 ± 0.53^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง *แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-17 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-21 ถึง ฉ-23 เป็นการวิเคราะห์ค่าสีของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าค่า L* และ a* ของซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาค่า L* พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 60 กรัม มีค่า L* สูงสุดโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 และ 50 กรัม โดยค่า L* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นทำให้ซอสมีองค์ประกอบของน้ำที่มาจากโปรตีนไฮโดรไลเสทสูงขึ้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่า L* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสว่างของตัวอย่าง ดังนั้นตัวอย่างที่มีน้ำอยู่มากจะส่งผลให้เกิดการกระเจิงของแสงได้มากกว่าตัวอย่างที่มีน้ำน้อย จึงทำให้ค่า L* ที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ด้านค่า a* พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 60 กรัม มีค่า a* ต่ำที่สุด ในขณะที่ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 30 40 และ 50 กรัม มีค่า a* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า b* พบว่าซอสหมึกที่มีการแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 4-17 ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	ค่าสี		
	L*	a*	b* ^{ns}
30	27.44 ± 0.56^{c}	14.01 ± 0.35^{a}	27.81 ± 0.38
40	27.18 ± 0.77^{c}	13.96 ± 0.31^{a}	28.23 ± 0.70
50	28.76 ± 0.80^{b}	13.74 ± 0.30^{a}	27.80 ± 0.37
60	31.99 ± 0.60^{a}	12.93 ± 0.37^{b}	28.20 ± 0.32

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 3 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง * เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.2.3 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point Hedonic scale โดยนำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก และความชอบโดยรวม ส่วนความชอบในด้านรสชาติ จะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัมมาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม โดยผัดให้เข้ากัน จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-18 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-24 ถึง ฉ-28 เป็นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างกัน คือ 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 และ 40 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนน 7.13 และ 7.17 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง และมีคะแนนมากกว่าผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 50 และ 60 กรัม ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะการใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าความหนืดลดลง โดยเมื่อเพิ่มปริมาณของโปรตีนไฮโดรไลเสท ซอสหมึกที่ได้จะมีลักษณะที่ค่อนข้างเหลวเพราะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากดังกล่าวในข้อ 4.2.2.1 ทำให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมีคะแนนน้อยลงตามปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่เพิ่มขึ้น

คะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 และ 40 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 50 และ 60 กรัม คะแนนอยู่ในช่วง 6.90 ถึง 7.13 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบชอบสีของซอสหมึกที่มีลักษณะเข้ม โดยเมื่อดูจากค่าสี L* พบว่าโปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 และ 40 กรัม มีค่าสีอยู่ในช่วง 27.18-27.44 แต่ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 50 และ 60 กรัม มีค่าสีอยู่ในช่วง 28.76-31.99 ซึ่งมีค่าความสว่างมากกว่าส่งผลให้มีคะแนนความชอบด้านสีน้อยลง

คะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึกของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับปริมาณ 30 กรัม โดยที่ผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 50 และ 60 กรัม มีคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำกว่า ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะการใช้ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มากขึ้นอาจทำให้ซอสมีกลิ่นหมึกที่แรงจนเกินไป จึงทำให้ผู้ทดสอบเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม

ซึ่งเหมาะสมที่สุดได้คะแนนความชอบกลิ่นหมึกเท่ากับ 6.97 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบชอบเล็กน้อยถึงชอบปากลาง

คะแนนความชอบด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 40 และ 50 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 60 กรัม มีคะแนนความชอบด้านรสชาติน้อยที่สุดแต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับปริมาณ 30 และ 50 กรัม อาจเป็นเพราะการใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม ทำให้รสชาติของซอสหมึกมีความกลมกล่อมที่สุด จึงได้คะแนนความชอบด้านรสชาติเท่ากับ 6.90 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง

คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุดเท่ากับ 7.40 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง รองลงมาได้แก่ผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 50 และ 60 กรัม เนื่องจากปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทากหมึกที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อกลิ่นหมึกของผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการเติมโปรตีนไฮโดรไลเสทมากขึ้นก็จะส่งผลต่อลักษณะปรากฏที่เหลวมากขึ้นด้วยซึ่งมีผลต่อคะแนนความชอบโดยรวมได้ จึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทในปริมาณ 40 กรัมมากที่สุด

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ คือ คัดเลือกปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทที่มีผลต่อคุณภาพของซอสหมึกโดยพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด ร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นหมึก พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด และเมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่นหมึกพบว่าผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม ได้คะแนนมากที่สุดเช่นกัน ดังนั้นจึงคัดเลือกปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก 40 กรัม เพื่อนำไปทดลองข้อ 3.3 ต่อไป

ตารางที่ 4-18 คะแนนความชอบของคุณลักษณะด้านต่างๆ ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสท (กรัม)	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่นหมึก	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
30	7.17 ± 1.21^{a}	6.90 ± 1.18^{a}	6.53 ± 1.25^{ab}	6.40 ± 1.43^{ab}	6.80 ± 1.03^{b}
40	7.13 ± 1.14^{a}	7.13 ± 1.14^{a}	6.97 ± 1.00^{a}	6.90 ± 1.52^{a}	7.40 ± 1.00^{a}
50	6.47 ± 1.28^{b}	6.17 ± 1.15^{b}	6.27 ± 1.11^{b}	6.33 ± 1.42^{ab}	6.50 ± 1.07^{b}
60	5.27 ± 1.66^{c}	5.47 ± 1.52^{c}	5.97 ± 1.50^{b}	5.97 ± 1.22^{b}	5.93 ± 1.23^{c}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง

a, b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง[*] เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3 ผลการศึกษาคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการทดลองข้อที่ 4.2 ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกต่อคุณภาพซอสหมึกและได้คัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกปริมาณ 40 กรัม ผลิตด้วยวิธีการผลิตซอสหมึกดังภาพที่ 3-6 บรรจุขณะร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 77 °C ลงในขวดแก้วใสขนาด 500 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อโดยการต้มในน้ำเดือดนาน 20 นาที ปิดฝาทันทีแล้วคว่ำขวดเพื่อฆ่าเชื้อบริเวณส่วนฝานาน 20 วินาที จากนั้นนำไปเก็บรักษาในตู้ทึบแสงที่อุณหภูมิห้อง นำมาศึกษาคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ โดยนำตัวอย่างซอสทุกๆ 1 สัปดาห์ ไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งทั้งหมด การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ คือ ค่าความหนืด ค่าการแยกชั้น ค่าสี และการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ คือ ตรวจวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.3.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-19 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-29 เป็นการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วง 5.46 ถึง 5.54 ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด โดยมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดให้ซอสหอยนางรมมีค่าความเป็นกรด-ด่างได้ไม่น้อยกว่า 4.4

ตารางที่ 4-19 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความเป็นกรด-ด่าง ^{ns}
0	5.46 ± 0.04
1	5.54 ± 0.04
2	5.52 ± 0.04
3	5.48 ± 0.05
4	5.54 ± 0.04

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3.1.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-20 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-30 เป็นการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดในซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วงร้อยละ 31.18 ถึง 31.45 ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดให้ซอสหอยนางรมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 20

ตารางที่ 4-20 ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ปริมาณของแข็ง ^{ns} (ร้อยละ)
0	31.45 ± 0.13
1	31.38 ± 0.20
2	31.23 ± 0.05
3	31.41 ± 0.10
4	31.22 ± 0.25

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

4.3.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.3.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด

การวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-21 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-31 เป็นการวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าค่าความหนืดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยซอสหมึกที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์มีค่าความหนืดสูงที่สุดเท่ากับ 11136.50 cP รองลงมาคือซอสหมึกที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าความหนืดเท่ากับ 9477.98 cP ส่วนซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ มีค่าความหนืดน้อยที่สุดและมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ โดยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะโมเลกุลของโปรตีนและโมเลกุลของแป้งที่เป็นพอลิแซ็กคาไรด์

จะเกิดพันธะระหว่างโมเลกุลรวมตัวกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Complex) ซึ่งโมเลกุลของโพลีแซคคาไรด์จะเกิดการดูดซับโมเลกุลของโปรตีนไว้ที่ผิวด้านนอก โดยโมเลกุลเหล่านี้จะมีผลต่อคุณสมบัติด้านความหนืดและความยืดหยุ่น (Kruif & Tuinier, 2001) ส่งผลให้ค่าความหนืดที่วิเคราะห์ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยค่าความหนืดอยู่ในช่วง 8296.27 ถึง 11136.5 cP ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนด คือซอสหอยนางรมต้องมีค่าความหนืดไม่สูงกว่า 18000 cP

ตารางที่ 4-21 ค่าความหนืดของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ความหนืด (cP)
0	8296.27 ± 98.15^{c}
1	8333.70 ± 43.61^{c}
2	8758.16 ± 254.46^{c}
3	9477.98 ± 169.67^{b}
4	11136.50 ± 362.75^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.3.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-22 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-32 เป็นการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าค่าการแยกชั้นมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ อยู่ในช่วงร้อยละ 20.56 ถึง 22.7 โดยซอสหมึกที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ มีค่าการแยกชั้นสูงที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 2 และ 4 สัปดาห์ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 และ 3 สัปดาห์ ส่วนซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ มีค่าการแยกชั้นต่ำที่สุด โดยค่าการแยกชั้นเกิดขึ้นจากการคืนตัวของแป้งซึ่งทำให้สมบัติของแป้งเปลี่ยนแปลงไปเกิดการจัดเรียงตัวระหว่างโมเลกุลด้วยพันธะไฮโดรเจนทำให้โครงสร้างแน่นและแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยโมเลกุลของน้ำที่อยู่ภายในจะถูกบีบออกมาส่งผลให้เกิดการแยกชั้นเกิดขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอดและเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546)

ตารางที่ 4-22 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	การแยกชั้น (ร้อยละ)
0	20.56 ± 0.23^{c}
1	22.70 ± 0.52^{a}
2	22.34 ± 0.13^{ab}
3	21.76 ± 0.10^{b}
4	22.02 ± 0.24^{ab}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง * แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p≤0.05$)

4.3.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-23 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-33 ถึง ฉ-35 เป็นการวิเคราะห์ค่าสีของซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์ พบว่าค่า L* และ b* มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p≤0.05$) โดยค่า L* ของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วง 21.65 ถึง 22.82 โดยซอสหมึกที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าสี L* สูงที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทั้งนี้ซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 1 และ 2 สัปดาห์ มีค่าสี L* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และค่า b* ของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ อยู่ในช่วง 30.98 ถึง 32.40 โดยซอสหมึกที่ระยะเวลา 3 สัปดาห์ มีค่าสี b* สูงที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 และ 4 สัปดาห์ รองลงมาคือซอสหมึกที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งมีค่าสี b* แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 0 สัปดาห์ ส่วนซอสหมึกที่ระยะเวลา 1 สัปดาห์ มีค่าสี b* ต่ำที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับซอสหมึกที่ระยะเวลา 2 สัปดาห์ ในขณะที่ค่า a* ของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าอยู่ในช่วง 21.86 ถึง 22.46

ตารางที่ 4-23 ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

ระยะเวลา (สัปดาห์)	ค่าสี		
	L*	$a^{*\,ns}$	b*
0	21.65 ± 0.43^{b}	22.46 ± 0.17	32.15 ± 0.52^{ab}
1	22.04 ± 0.13^{b}	22.28 ± 0.55	30.98 ± 0.32^{c}
2	21.86 ± 0.08^{b}	22.23 ± 0.38	31.17 ± 0.42^{bc}
3	22.82 ± 0.05^{a}	22.12 ± 0.06	32.40 ± 0.36^{a}
4	22.65 ± 0.16^{a}	21.86 ± 0.06	32.28 ± 0.42^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง * เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.3.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ของซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-24 เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจวัดในซอสหมึกที่ระยะเวลา 10 เดือน มีอยู่ 6.25×10^{1} cfu/g ซึ่งไม่เกินที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของซอสหอยนางรม (เลขที่ มผช.1016/2548) กำหนดไว้ คือ 1×10^{4} cfu/g ส่วนจำนวนยีสต์และราที่ตรวจวัดในซอสหมึกที่ระยะเวลาต่างๆ คือ น้อยกว่า 10 cfu/g ซึ่งไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของซอสหอยนางรมที่กำหนดไว้ คือ ไม่เกิน 100 cfu/g แสดงว่าซอสหมึกมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 10 เดือน

ตารางที่ 4-24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราที่ตรวจพบในซอสหมึกในระยะเวลา 10 เดือน

เดือน	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	ยีสต์/รา (cfu/g)
0	<10	<10
1	3.00×10^{1}	<10
2	1.00×10^{2}	<10
3	1.00×10^{3}	<10
4	1.75×10^{2}	<10
5	4.20×10^{3}	<10
6	2.75×10^{3}	<10
7	1.00×10^{2}	<10
8	6.50×10^{2}	<10
9	3.78×10^{2}	<10
10	6.25×10^{1}	<10

4.4 ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

จากผลการทดลองข้อที่ 4.2 ศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพซอสหมึกและได้คัดเลือกซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 40 กรัม นำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.4.1.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้นและคาร์โบไฮเดรต ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4-25 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-36 ถึง ฉ-40 เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกและหอยนางรมซอสทางการค้า พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.26 ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าซอยหอยนางรมทางการค้าประมาณ 3-10 เท่า และมีไขมัน เถ้า ความชื้นและคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 0.34 13.75 68.95 และ 13.70 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-25 องค์ประกอบทางเคมีของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

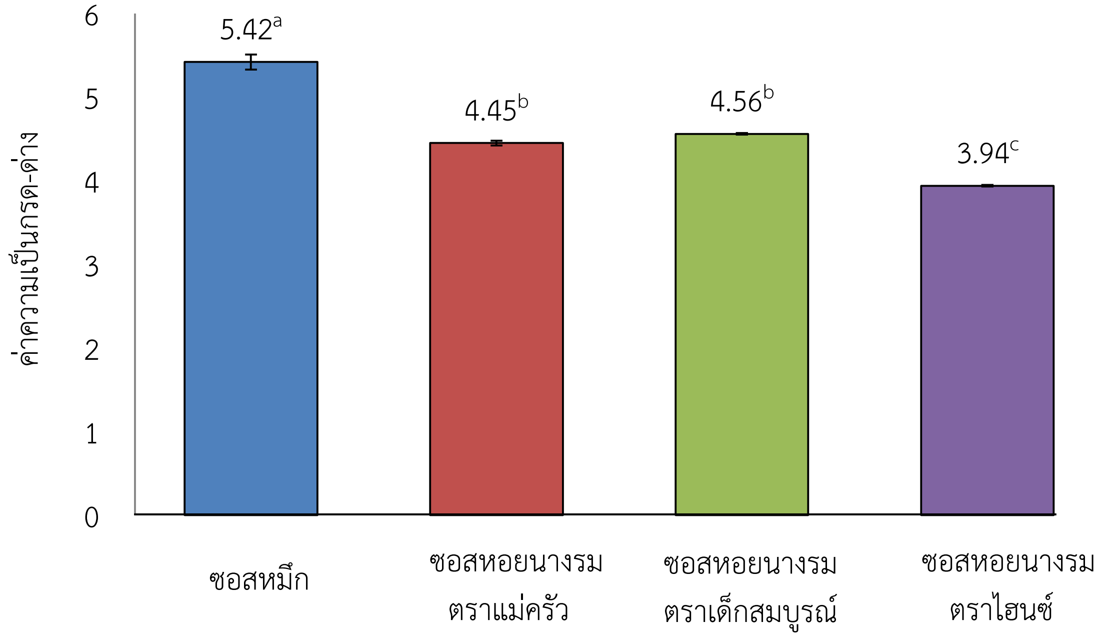
ชนิดของซอส	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น	คาร์โบไฮเดรต
ซอสหมึก	3.26 ± 0.03^{a}	0.34 ± 0.06^{b}	13.75 ± 0.04^{a}	68.95 ± 0.01^{d}	13.70 ± 0.04^{d}
ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว	0.31 ± 0.01^{d}	0.46 ± 0.03^{a}	7.05 ± 0.03^{c}	77.23 ± 0.04^{a}	14.95 ± 0.07^{c}
ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์	0.93 ± 0.04^{b}	0.16 ± 0.03^{c}	10.88 ± 0.01^{b}	70.34 ± 0.03^{c}	17.69 ± 0.03^{b}
ซอสหอยนางรมตราไฮนซ์	0.62 ± 0.03^{c}	0.39 ± 0.01^{ab}	6.31 ± 0.04^{d}	73.59 ± 0.04^{b}	19.09 ± 0.06^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b,... หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง[*] เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\le0.05$)

4.4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

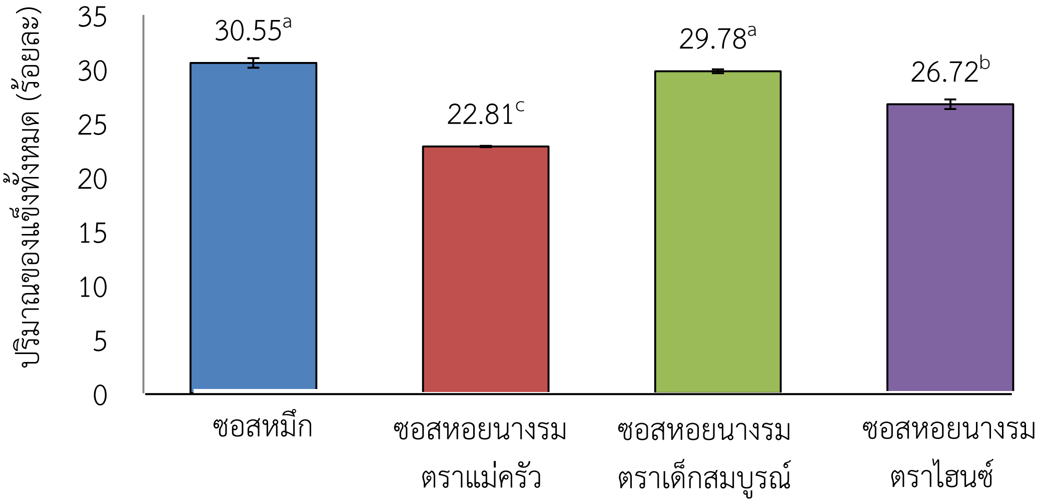
การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ช-1 และภาพที่ 4-1 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-41 เป็นการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยซอสหมึกมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดเท่ากับ 5.42 ซึ่งมีค่าไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ 4.4



ภาพที่ 4-1 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า
a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกและหอยนางรมซอสทางการค้า ได้ผลการทดลองภาคผนวก ช-2 ดังภาพที่ 4-2 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-42 เป็นการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยซอสหมึกและซอยหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุด คือร้อยละ 30.55 และ 29.78 ตามลำดับ ซึ่งไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 20

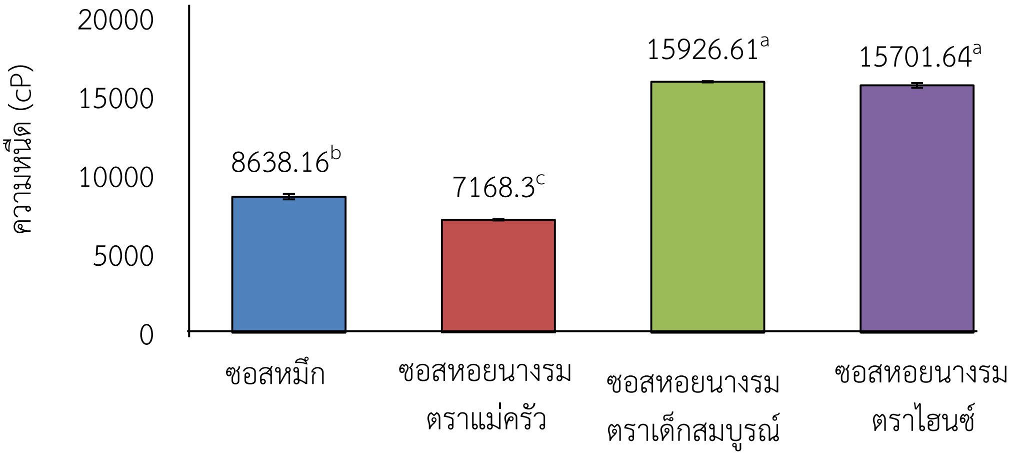


ภาพที่ 4-2 แสดงค่าปริมาณของแข็งของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า
a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด

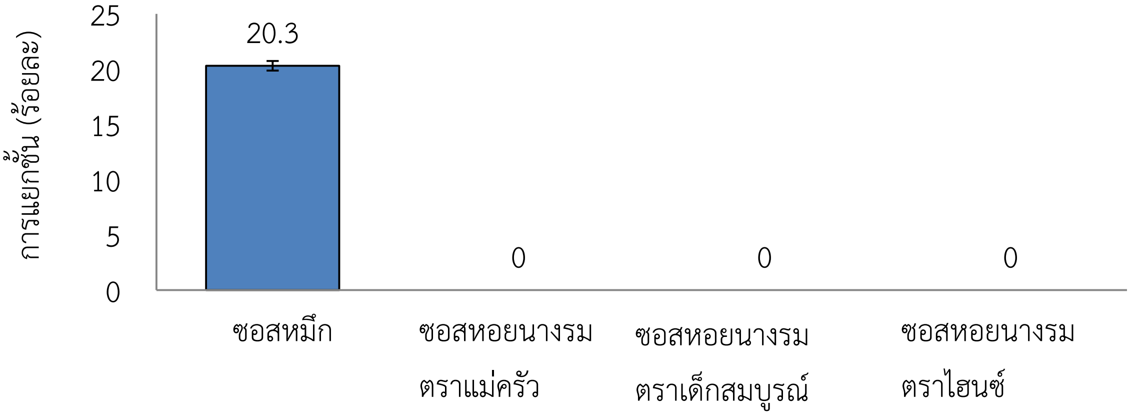
การวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ช-3 ภาพที่ 4-3 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-43 เป็นการวิเคราะห์ค่าความหนืดของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าค่าความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยที่ซอสทุกตัวอย่างมีค่าความหนืดไม่สูงกว่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ 18000 cP



ภาพที่ 4-3 แสดงค่าความหนืดของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า
a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้น

การวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า ได้ผลการทดลองดังภาคผนวก ช-4 ภาพที่ 4-4 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-44 เป็นการวิเคราะห์ค่าการแยกชั้นของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าค่าการแยกชั้นของซอสหมึกมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะกรรมวิธีการผลิตของซอสหมึก เช่น ระยะเวลาในการกวนซอสอาจมากหรือน้อยจนเกินไปจึงมีผลต่อค่าการแยกชั้นและซอสหมึกไม่มีส่วนประกอบที่เป็นสารเพิ่มความคงตัวค่าการแยกชั้นที่วัดได้จึงมีค่ามาก ส่วนซอยหอยนางรมทางการค้าไม่เกิดการแยกชั้นอาจเป็นเพราะมีการใช้แป้งดัดแปรร่วมกับการใช้สารเพิ่มความคงตัวจึงทำให้ซอสมีความคงตัวสูงไม่เกิดการแยกชั้น



ภาพที่ 4-4 แสดงค่าการแยกชั้นของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

4.4.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกและหอยนางรมซอสทางการค้า ได้ผลการทดลองดังตางที่ 4-26 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-45 ถึง ฉ-47 เป็นการวิเคราะห์ค่าสีของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าซอสหมึกและซอสซอสทางการค้า มีค่า L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากซอสแต่ละชนิดมีส่วนประกอบหรือปริมาณที่ใช้ในการผลิตต่างกัน ทำให้ซอสที่ผลิตออกมามีลักษณะของสีที่ปรากฏต่างกัน โดยซอสแต่ละยี่ห้ออาจมีการแต่งสีเพิ่มเติมเพื่อให้ได้เป็นซอสที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ตารางที่ 4-26 ค่าสี L* a* และ b* ของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ชนิดของซอส	L*	a*	b*
ซอสหมึก	22.12 ± 0.07^{b}	22.14 ± 0.06^{c}	30.40 ± 0.39^{b}
ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว	6.64 ± 0.24^{a}	14.28 ± 0.28^{a}	4.67 ± 0.18^{a}
ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์	29.51 ± 0.28^{c}	29.38 ± 0.13^{d}	44.82 ± 1.52^{c}
ซอสหอยนางรมตราไฮนซ์	6.87 ± 0.03^{a}	17.55 ± 0.28^{b}	6.23 ± 0.04^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง

a, b ,c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง* เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.4.3 ผลการประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point Hedonic scale โดยนำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึกและความชอบโดยรวม ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติจะนำซอสหมึกปริมาณ 2 กรัมมาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม โดยผัดให้เข้ากัน จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4-27 และผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางสถิติดังภาคผนวก ฉ ตารางที่ ฉ-48 ถึง ฉ-52 เป็นการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ได้รับคะแนนมากที่สุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่ซอสหอยนางรมตราแม่ครัวมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะส่วนประกอบในการผลิตซอสแตกต่างกัน และค่ากายภาพที่วัดได้มีค่าแตกต่างกัน เช่น ค่าความหนืด และค่าการแยกชั้นแตกต่างกัน โดยซอสหมึกมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากแต่จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าการแยกชั้นมากด้วยนั้น การที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงอาจเป็นเพราะซอสหมึกที่ผลิตมาใหม่ยังไม่มีการแยกชั้นเกิดขึ้น จึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในช่วง 6.97 ถึง 7.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง คะแนนความชอบด้านสีของซอสหมึก ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ได้รับคะแนนมากที่สุดและแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ซอสหอยนางรมตราแม่ครัวมีคะแนนความชอบด้านสีต่ำที่สุด อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบชอบสีของซอสที่มีลักษณะไม่เข้มและไม่สว่างจนเกินไป โดยจะเห็นได้ว่าซอสหมึกและซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์มีค่าสี L^* อยู่ระหว่าง 22.12 ถึง 29.51 ซึ่งคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 6.53 ถึง 6.90 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง สำหรับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของซอสหมึกได้รับคะแนนมากที่สุด ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะซอสหมึกมีกลิ่นของหมึกที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวและซอสหมึกไม่มีการเติมแต่งกลิ่นสังเคราะห์จึงทำให้ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงที่สุดเท่ากับ 7.07 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง ส่วนคะแนนความชอบด้านรสชาติ ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์ได้รับคะแนนมากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับซอสหมึกและซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ ซึ่งคะแนนอยู่ในช่วง 6.77 ถึง 7.47 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และคะแนนความชอบโดยรวมของซอสหมึกได้รับคะแนน

มากที่สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) กับซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์และซอสหอยนางรมตราไฮนซ์ ซึ่งคะแนนอยู่ในช่วง 6.60 ถึง 7.13 อยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ในขณะที่คะแนนความชอบโดยรวมของซอสหอยนางรมตราแม่ครัวมีคะแนนต่ำที่สุด

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ผลิตภัณฑ์ซอสหมึกมีองค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และคะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับซอสทางการค้า (ยกเว้นค่าการแยกชั้น) อีกทั้งซอสหมึกยังเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกใหม่ที่ทำให้ผู้บริโภคสนใจและยอมรับผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 4-27 เปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะของซอสหมึกและหอยนางรมซอสทางการค้า

ยี่ห้อ	คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบโดยรวม
ซอสหมึก	7.07 ± 1.36^{a}	6.80 ± 1.35^{a}	7.07 ± 1.40^{a}	6.87 ± 1.44^{ab}	7.13 ± 1.11^{a}
ซอสหอยนางรมตราแม่ครัว	6.23 ± 1.16^{b}	5.80 ± 1.32^{b}	5.37 ± 1.52^{b}	6.37 ± 1.50^{b}	6.03 ± 1.13^{b}
ซอสหอยนางรมตราเด็กสมบูรณ์	7.00 ± 1.11^{a}	6.90 ± 1.30^{a}	5.90 ± 1.45^{b}	7.47 ± 1.33^{a}	6.83 ± 1.15^{a}
ซอสหอยนางรมตราไฮนซ์	6.97 ± 1.22^{a}	6.53 ± 1.28^{a}	5.33 ± 1.42^{b}	6.77 ± 1.43^{ab}	6.60 ± 1.22^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง

a, b หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง* เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. การศึกษาผลของอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ ระยะเวลาในการย่อยสลาย ปริมาณและชนิดของเอนไซม์ที่มีต่อคุณภาพโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึก โดยแปรอัตราส่วนหมึกต่อน้ำเป็น 1:1 และ 1:2 ร่วมกับระยะเวลาในการย่อยลสายที่ 1 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่าอัตราส่วนหมึกต่อน้ำและระยะเวลาในการย่อยสลายมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ($p \leq 0.05$) และการแปรปริมาณเอนไซม์เป็นร้อยละ 0.5 1.0 และ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก พบว่าปริมาณของเอนไซม์มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ($p \leq 0.05$) โดยเอนไซม์อัลคาเลสที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ร่วมกับระยะเวลาในย่อยสลาย 3 ชั่วโมง ในปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 1 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด ส่วนเอนไซม์ปาเปนที่ใช้อัตราส่วนหมึกต่อน้ำที่ 1:2 ร่วมกับระยะเวลาในย่อยสลาย 5 ชั่วโมง ในปริมาณของเอนไซม์ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึกมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด สำหรับการศึกษาชนิดของเอนไซม์ คือ อัลเลสและปาเปน พบว่าซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีน-ไฮโดรไลเสทของเอนไซม์ปาเปนมีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี a* และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏและความชอบกลิ่นหมึกสูงสุด โดยผลการคัดเลือกโปรตีนไฮโดรไลเสท คือ การใช้เอนไซม์ปาเปนที่อัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:2 ร่วมกับระยะเวลาในการย่อยสลาย 5 ชั่วโมง ในปริมาณเอนไซม์ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักเนื้อหมึก ได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นหมึกสูงสุดซึ่งคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.57 คะแนน)

2. การศึกษาผลของปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่มีต่อคุณภาพของซอสหมึก โดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทเป็น 30 40 50 และ 60 กรัม พบว่าปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งทั้งหมด ความหนืด การแยกชั้น ค่าสี L* a* และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติและความชอบโดยรวม ($p \leq 0.05$) โดยผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ซอสหมึก คือ การใช้โปรตีนไฮโดรไลเสท 40 กรัม ทำให้ซอสหมึกได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดซึ่งคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง (7.1 คะแนน)

3. การศึกษาคุณภาพของซอสหมึกในระหว่างการเก็บรักษา โดยวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ พบว่าซอสหมึกมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่น้อยกว่า 10 เดือน โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรามีค่าที่ไม่เกินมาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้

4. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซอสหมึก พบว่าซอสหมึกมีองค์ประกอบของโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้นและคาร์โบไฮเดรตปริมาณร้อยละ 3.26 0.34 13.75 68.95 และ 13.70 ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาเพิ่มขั้นตอนการแต่งสีหรือกลิ่นของซอสให้มีลักษณะเฉพาะตัวและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการนำโปรตีนชนิดอื่นที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอาหารมาผลิตเป็นโปรตีนไฮโดรไลเสทและประยุกต์ใช้ในผลิตต่างๆ

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (2519). *ซอสหอยนางรม.* ใน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี (หน้า 102-105). กรุงเทพฯ.

กองส่งเสริมและพัฒนาด้านการมาตรฐาน. (ม.ป.ป.). *เครื่องปรุงรส.* วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://app.tisi.go.th/consumer_guide/seasoning.html\

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2546). *เทคโนโลยีแป้ง.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กสิภูมิ ทวนคง ดุษฎี อุตภาพ สันทณีย์ ปัญจอานนท์ วีไล รังสาดทองและจุรีรัตน์ พุดตานเล็ก. (2557). การประยุกต์ใช้แป้งพุทธรักษาและแป้งพุทธรักษาดัดแปรเพื่อเป็นสารให้ความข้นหนืดในซอสมะเขือเทศ. *วารสารวิจัยและพัฒนา, 37*(1), 45-59.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. (ม.ป.ป.). *ผักและผลไม้.* เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพฯ.

จรินทร์ สว่างแจ้ง. (2544). *การพัฒนาซุปกึ่งสำเร็จรูปรสกุ้งจากหัวกุ้ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรดาห์ เรืองบุรพ. (2549). *ซอสพริกจากแป้งกล้วย.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ์. (2544). *เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์.* ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา.

โชคชัย ธีรกุลเกียรติ. (2528). *การปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตเอนไซม์โบรมิเลนจากลำต้นสับปะรด.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย บุณยเกียรติ. (2546). *บทที่ 3 เอนไซม์.* วันที่ค้นข้อมูล 22 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY03_enzymel

ดุษฎี อุตภาพ. (ม.ป.ป.). *การคืนตัวของแป้ง.* วันที่ค้นข้อมูล 21 มิถุนายน 2559, สืบค้นได้จาก http://eu.lib.kmutt.ac.th/elearing/courseware.

นฤมล อัศวเกศมณี. (2549). *การเก็บถนอมสัตว์น้ำ.* สงขลา: ภาพพิมพ์.

นิลุบล เล่าอั้น. (2556). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทชนิดผงจากปลาสวายเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้ผลิตภัณฑ์โภชนาหารชนิดแท่ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2545). *เคมีอาหาร.* กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

นิธิยา รัตนปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (ม.ป.ป.). *ซอส*. วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3001/sauce

นิธิยา รัตนปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (ม.ป.ป.). *เอนไซม์ปาเปน.* วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1081/papain

นิธิยา รัตนปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2553). *การพาสเจอร์ไรส์.* วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0428/pasteurization

นิธิยา รัตนปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (2553). *องค์ประกอบทางเคมีของหมึก.* วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2845/aquatic-animal

นิรันดร์ สุวรัตน์. (2544). *พื้นฐานฟิสิกส์เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปราณี อ่านเปรื่อง (2535) *เอนไซม์ทางอาหาร ตอนที่ 1.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก. (2533). *การศึกษาเปรียบเทียบการใช้กรดและเอนไซม์ในการทำซอสหอยนางรมและหอยแมลงภู่.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปราณิศา เชื้อโพธิ์หัก และนงนุช รักสกุลไทย. (2534). การใช้เอนไซม์ปาเปนและบรอมเมลินในการทำซอสหอยนางรม. *วารสารเกษตรศาสตร์, 25*, 65-74.

พิริยา ไรเกษ โอรส รักชาติ เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ. (2554). โปรตีนไฮโดรไลเซทจากเศษเหลือปลา: สภาวะการย่อยเครื่องในปลาทับทิม. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 8*(1), 101-108.

พูนสุข ประเสริฐสรรพ์. (2542). *การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้ง*. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์และประพันธ์ ปริ่นศิโรดม. (2537). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากเศษกระดูกไก่โดยวิธีย่อยสลายด้วยเอนไซม์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ราณี สุรกาญจน์กุล. (2554). *การวิเคราะห์อาหาร*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วรรณบดี เอกปิยะกุล. (2549). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสหอยแครง*. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราภรณ์ สุทธิวิชัยพร สายพิณ ทานัชฌาสัย และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. (2551). *การผลิตโปรตีนปลาไฮโดรไลเซตด้วยเอนไซม์อัลคาเลสตรึงรูป.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาวดี แสงยนต์. (2545). *การแยกโปรตีนจากผงมะขามโดยใช้โปรติเอส.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบันฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิไล รังสาดทอง. (2545). *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร.* กรุงเทพฯ: เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น.

ศิริพร ไชยสงคราม. (2557). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวกุ้งโดยใช้เอนไซม์โปรติเอสเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรส.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์อาหาร , คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศิวาพร ศิวเวชช. (2529). *วัตถุเจือปนอาหาร.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืดสุราษธานี. (ม.ป.ป.). *หมึกกระตอย.* วันที่ค้นข้อมูล 5 ตุลาคม 2558, สืบค้นได้จาก http://www.fisheries.go.th

สิวิกา กิจสวัสดิ์ และนงพงา คุณจักร. (2549). *โปรตีนไฮโดรไลเซตจากเลือดสุกร.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาจุลชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

สุปราณี แย้มพราย. (2539). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากของเหลือจากโรงงานผลิตซูริมิเพื่อใช้เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์.* วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2543). *ซีอิ๊วและน้ำซอสปรุงรส.* วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www1.fda.moph.go.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2538). *ซอสหอยนางรม.* วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://service.ifrpd.ku.ac.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533). *ซอสพริก.* วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://library.tisi.go.th

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2524). *ซอสมะเขือเทศ.* วันที่ค้นข้อมูล 18 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://library.tisi.go.th

สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ. (2558). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ประมง.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณฑล แก่นมณี. (2553). *วิทยาศาสตร์ทางน้ำเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). *ซอสหอยนางรม*. วันที่ค้นข้อมูล 17 พฤษภาคม 2559, สืบค้นได้จาก http://www2.rid.go.th/research/vijais/moa/fulltext/TIS8-2549.pdf

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์. (2539). *เอนไซม์* (6). นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2548). *ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รุ่งอรุณ ตระการชัยวงศ์. (2545). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทไขมันต่ำจากของเหลือจากอุตสาหกรรมการผลิตซูริมิ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนงค์ ศิริกังวานกุล. (2547). *ผลของโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหัวปลาและไส้ปลาแดงต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อหมูบดปรุงสุกที่เก็บรักษาด้วยวิธีการแช่เย็น.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อัญชลี สาระโบก และอรัญ หันพงศ์กิตติกูล. (2542). การย่อยสลายน้ำนึ่งปลาทูน่าด้วยเอนไซม์เพื่อผลิตซอสปรุงรส. *วารสารสงขลานครินทร์*, *21*(4), 491-500.

แอ็ซซิซ อิมแพคท์. (2554). *การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในน้ำ.* วันที่ค้นข้อมูล 20 มิถุนายน 2559, สืบค้นได้จาก http://www.assist-impact.net

Alder-Nessen, J. (1986). *Enzymatic Hydrolysis of Food Protein*. London: Elsevier Applied Science.

Bailey, J. 1967. *Techniques in Protein Chemistry*, 2nd ed., Elsevier Publishing Company, New York. 406 p.

Benjakul, S. & Morrissey, M. T. (1997). Protein hydrolysis from pacific whiting solid wastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*, 3423-3430.

C.G de Kruif & R. Tuinier. (2001). Polysaccharide protein interaction. *Food Hydrocolloids, 15,* 555-563.

Damodaran, S. (1996). Amino acid, peptide and proteins. In O. R. Fennema, (Ed.), *Food Chemistry* (p.321-430). New York: Marcel Dekker.

Groninger, H. S., & Miller, R. (1975). Preparation of aeration properties of an enzyme modified succinylated fish protein. *Journal of Food Science, 40*, 233-237.

Hall, G. M. & Ahmad, N. H. (1992). Functional properties of fish protein hydrolysate in hall, G. M. (Ed.), *Fish Processing Technology*. (p. 249-270). London: Blackie Academic Professional.

Hoyle, N. T. & Merri, J. H. (1994). Quality of fish protein hydrolysate from herring *(Clupea harengus). Journal of Food Science, 59, 76-79.*

Je, J. Y., Park, P.J. & Kim, S. K. (in press). Antioxidant activity of a peptide isolated from Alaska Pollack (*Theagra chalcogramma*) frame protein hydrolysate*. Food Research International.*

Kawashima, K., Itoh, H., Miyoshi, M., & Chibata, I. (1979). Antioxidant properties of branched-chain amino acid derevetives. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, *27*, 1912-1916.

Kristinsson H.G & Rasco B. A. (2000). Fish protein hydrolysate: production, biochemical and functional properties. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, *40*, 43-81.

Liceaga-gesualdo & Li-chan. (1999). Functional Properties of Fish Protein Hydrolysate from Herring (Clupea harengus). *Journal of Food Science*, *64*(6), 100-1004.

Light, A. & E.L. Smith. 1963. *Method of protein hydrolysis*, pp. 32-39. In The Protein (Composition, Structure and Function). Academic Press: London.

Loffler, A. 1986. Proteolytic enzyme: Sources and applications. *Food Technol. 4*(12): 63-70.

Marco, C., & C.M. Rosell. (2008). Effernt of different protein isolates and transglutaminae on rice flour properties. *Journal of Food Engineering*, *84*, 132-139.

Mahesh, T., T.M.R. Setty, T.S. Shetty & C.N. Ravishankar. 1993. Studies on the preparation of functional fish protein concentrate from Nemipterus japonicas by enzymatic method. *Fishery Technol*, 30, 57-61.

Murase, H.,Nagao, A., & Terao, J. (1993). Antioxidant and emulsifying activity of N-(long-chain-acyl) histidine and N-(long-chain-acyl) carnosine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 41*, 1601-1604.

Nova Industri. (1983). *Decoloration of Slaughter House by Application of Alcalase® 0.6L.* Denmark: Nova Industri A/S, Bagsvaerd.

Nova Industri. (1998). The role of enzymes in modern detergency. *Journal of Surfactants and Detergents, 1*(4), 555-567

Nova Industri. (2002). *Enzymes applications.* Denmark: Nova Industri A/S, Bagsvaerd.

Onodenalore, A.C. & F. Shahidi. 1996. Protein dispersions and hydrolysates from shark (Isurus oxyrinchus). *Journal of Aquatic and Food Product Technology*, *5*, 43-59.

Peterson, J. (1974). *Encyclopaedia of Food Technology*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Quaglia, G. B., & Orban, E. (1987). Enzymic solubilization of protein of sardine (*Sardina pilchardus*) by commercial process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *38*, 263-269.

Roxas, B., & G. Konrad. 1959. Maillard reaction in acid medium. *Advance in Carbohydrate Chemistry, 14*, 110-111.

Sasaki. (1929). Nippononoloigo beka. In M.C. Dunning, *Cephalopods* (pp. 772-787). Tokyo: Tokai University.

Sanguandeekul, R., Jantawat, P., & Sukcharoensakkul, A. (1992). *Production of protein hydrolysate as food flavor from tuna precooking water*. Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Shahidi, F., Han, X.-Q., & Synowiecki, J. (1995). Production and characteristics of protein hydrolysate from capelin (*Mallotus villosus*). *Food Chemistry, 53*, 285-293.

Ushida, K., & Kawakishi, S. (1992). Sequence-dependant reactivity of histidine-containing peptide wish copper (II) ascorbic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40* ,13-16.

Whitaker, J. R. (1994). *Principles of Enzymology for the Food Sciences.* New York: Marcel Dekker.

Yu, S. Y., & Tan, L. K. (1992). Enzymic solubilization of protein of *Oreochromis mossambicus* by alcalase. *Journal of Asean Food, 7*, 157-158.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ก-1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. เครื่อง Digestion unit B-424 (Buchi)
2. เครื่อง Scrubber unit B412 (Buchi)
3. เครื่อง Distillation unit B-414 (Buchi)
4. Digestion tube
5. ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร
7. ปิเปต (Pipette) ขนาด 25 มิลลิลิตร
8. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร
9. กระบอกตวง ขนาด 50 มิลลิลิตร
10. บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร 100 มิลลิลิตร 1000 มิลลิลิตร
11. กระดาษชั่งสาร
12. ช้อนตักสาร
13. แท่งแก้วคนสาร

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 98%

2. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.2 N (ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน) นำกรดไฮโดรลอริกเข้มข้น 8.20 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร

3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ร้อยละ 32 น้ำหนักต่อปริมาตร ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 320 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

4. กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ละลายกรดบอริก 20 กรัมด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

5. สารเร่งปฏิกิริยาใช้คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 0.5 ส่วนต่อโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 10 ส่วน

6. Sher indicator

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่าง (โปรตีนไฮโดรไลเสทหรือซอสชนิดต่างๆ) ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 10 กรัม ใส่ลงในขวดย่อยโปรตีน
2. เติมสารเร่งปฏิกิริยา 10 กรัมและกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยด้วยเครื่อง Digestion unit
3. นำ Digestion tube ที่ผ่านการย่อยมาประกอบในเครื่อง Distillation unit
4. ตั้งคำสั่งของสภาวะในการกลั่น กำหนดให้มีสารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 2 ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ในขวดรับสารละลายที่ได้จากการกลั่น โดยกำหนดให้เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตรและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 32 ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ลงใน digestion tube
5. เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด
6. กลั่นนาน 3 นาที
7. ไทเทรตสารละลายที่กลั่นได้กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 N (ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน) จนได้จุดยุติเป็นสีฟ้าอ่อน

การคำนวณ

$$\text{ไนโตรเจนทั้งหมด (g Nitrogen / kg sample)} = \frac{(a-b)\times N\times 14\times W_3}{W_1\times W_2}$$

โดยที่ a = ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

b = ปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (N ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน)

W_1 = น้ำหนักของเนื้อหมึกที่ใช้ (g)

W_2 = น้ำหนักของตัวอย่างโปรตีนไฮโดรไลเสทที่นำไปวิเคราะห์

W_3 = น้ำหนักของโปรตีนไฮโดรไลเสทที่ย่อยสลายได้

ก-2 การหาค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2005)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่องพีเอชมิเตอร์

อุปกรณ์

1. เครื่องพีเอชมิเตอร์
2. บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร

วิธีวิเคราะห์

เปิดเครื่อง pH meter เพื่ออุ่นเครื่องก่อนวัดประมาณ 5-10 นาที จากนั้น Calibrate เครื่องด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่คาดว่าใกล้เคียงกับตัวอย่างที่จะวัด เทน้ำตัวอย่างหรือตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดลงในบีกเกอร์ ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างโดยแกว่งหัววัดเบาๆ หรือใช้ magnetic stirrer เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างหยุดนิ่งประมาณ 10 วินาที จดบันทึกค่าที่วัดได้ หลังจากใช้งานเสร็จแล้ว ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างทำความสะอาด Electrode เช็ดให้แห้ง แล้วแช่ไว้ในสารละลาย 3 M KCl

ก-3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิปรับอุณหภูมิได้
2. ภาชนะสำหรับหาความชื้น (ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100-105 °C นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลักจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นนอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาทีและทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

ก-4 การวิเคราะห์ไขมัน (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. Soxhlet apparatus
2. หลอดใส่ตัวอย่าง
3. สำลี
4. ตู้อบไฟฟ้า
5. เครื่องชั่งไฟฟ้า
6. โถดูดความชื้น

สารเคมี

ปิโตรเลียมอีเทอร์หรือเฮกเซน

วิธีวิเคราะห์

1. ใส่ขวดกลมสำหรับการหาปริมาณไขมัน ซึ่งมีขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร ในตู้อบไฟฟ้า ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน
2. ชั่งตัวอย่างบนกระดาษกรองที่ทราบน้ำหนัก 3-5 กรัม ห่อให้มิดชิดใส่ลงในหลอดสำหรับใส่ตัวอย่าง
3. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงใน Soxhlet เติมสารตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ ลงในขวดหาไขมันประมาณ 150 มิลลิลิตร แล้ววางบนเตา
4. ประกอบอุปกรณ์ชุดกลั่นไขมัน พร้อมทั้งเปิดน้ำหล่ออุปกรณ์ควบแน่นและเปิดสวิทซ์ให้ความร้อน
5. ปรับความร้อนให้หยดของสารทำละลายกลั่นตัวจากอุปกรณ์ควบแน่นด้วยอัตรา 150 หยดต่อนาที
6. เมื่อครบ 6 ชั่วโมงแล้ว นำหลอดใส่ตัวอย่างออกจาก Soxhlet ทิ้งให้ตัวทำละลายไหลจาก Soxhlet ลงในขวดก้นกลมจนหมด
7. ระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบสุญญากาศ
8. นำขวดหาไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้ง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น
9. ชั่งน้ำหนักแล้วอบซ้ำนาน 30 นาที จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักทั้งสองครั้งติดต่อไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
10. คำนวณหาปริมาณไขมันจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักขวดตัวอย่างหลังอบ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างขวดหลังอบ}}$$

ก-5 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 1990)

เผาครูซิเบิล (Crucible) ที่อุณหภูมิประมาณ 550 °C นาน 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นนอนของครูซิเบิล จากนั้นชั่งตัวอย่างประมาณ 2-3 กรัมใส่ลงในครูซิเบิล เผาไหม้ตัวอย่างโดยใช้ Hot plate จนไม่มีควันดำเสียก่อน แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 550 °C จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว นำไปทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ แล้วชั่งหาน้ำหนักเถ้า คำนวณหาร้อยละของเถ้าทั้งหมด ดังนี้

$$\text{เถ้าทั้งหมด (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

ก-6 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบอุณหภูมิปรับอุณหภูมิได้
2. ภาชนะสำหรับหาความชื้น (ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา)
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีวิเคราะห์

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100-105 °C นาน 2-3 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้นหลักจากนั้นชั่งน้ำหนัก
2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 ซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม
3. ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นนอนอย่างละเอียดประมาณ 1-2 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว
4. นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 5-6 ชั่วโมง
5. นำออกจากตู้อบใส่โถดูดความชื้น หลังจากนั้นชั่งน้ำหนัก
6. อบซ้ำอีกครั้งประมาณ 30 นาทีและทำเช่นเดิมจนได้ผลต่างของน้ำหนักสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 กรัม
7. คำนวณหาปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}}$$

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ข-1 การวิเคราะห์ค่าสี

การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Colorimeter) Hunter LAB รุ่น Minican XP Plus โดยทำการทดลองตามขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าสีดังนี้

วิธีวิเคราะห์

1. ก่อนทำการวัดสีทุกครั้ง ต้องทำการปรับมาตรฐานของเครื่อง (Calibration) โดยการวางหัววัดทาบบนแผ่นสำหรับ Calibrate สีขาวแล้วกดปุ่ม Measure ซึ่งเครื่องวัดสีจะบันทึกข้อมูลค่าสีขาวของแผ่นสำหรับ Calibrate ไว้คือ (x =............ y = ... และ z = ...)
2. นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับวัดค่าสีโดยใส่ให้เต็มภาชนะไม่ให้มีช่องที่แสงผ่านได้ขณะวัดตัวอย่างให้ใช้แผ่นสีดำปิดตัวอย่าง
3. ทำการวัดสีของตัวอย่างด้วยระบบ CIE ซึ่งวัดค่า L* a* และ b* ซึ่งบอกค่าดังนี้

L* คือ ความสว่าง โดยสีดำมีค่าเท่ากับ 0 และสีขาวมีค่าเท่ากับ 100

a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว โดยค่าบวกแสดงความเป็นสีแดง และค่าลบแสดงความเป็นสีเขียว

b* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าบวกแสดงความเป็นสีเหลือง และค่าลบแสดงความเป็นสีน้ำเงิน

ข-2 การวิเคราะห์ค่าความหนืด (ดัดแปลงจากฉัตรดาณ์ เรืองบุรพ, 2549)

วัสดุอุปกรณ์

1. เครื่อง Brookfield viscometer
2. บีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิตร
3. หัววัด เบอร์ 4
4. ซอสหมึก

วิธีวิเคราะห์

1. ตรวจสอบระดับลูกน้ำและเปิดสวิทซ์ Power ด้านหลังเครื่อง Brookfield DV III
2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์และ Double click ที่ icon Rheocal
3. ตรวจให้แน่ใจว่าไม่มีหัวหมุนต่ออยู่ที่เครื่อง Brookfield

4. กดปุ่ม Zero ที่โปรแกรม Rheocal ในหน้า Dashboard ซึ่งตัวเครื่อง Brookfield จะทำการปรับ ศูนย์ที่แกนหมุน ซึ่งเมื่อเสร็จแล้ว ตรงค่า % Torque จะเป็นศูนย์

5. ใส่หัวหมุนที่จะใช้วัดเข้ากับแกนหมุนของเครื่องและใส่ Guardleg

6. บรรจุตัวอย่างที่ต้องการวัดในบีกเกอร์ขนาดเหมาะสม โดยให้หัวหมุนจุ่มลงในตัวอย่างจนถึงระดับที่กำหนด (รอย mark ที่หัวหมุน) และตัวอย่างไม่ควรมีฟองอากาศ

7. เข้าไปที่หน้า Programme แล้วกำหนดความเร็วรอบเป็น 10 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 °C อ่านค่าทุกๆ 30 วินาที โดยใช้หัววัดเบอร์ 4

8. กดปุ่ม Start หัวหมุนจะเริ่มทำงานตามขั้นตอนใน Programme ที่เรากำหนดไว้ และแสดงค่า % Torque, Viscosity บนหน้าจอ

9. กรณีต้องการทราบอุณหภูมิของตัวอย่างขณะวัดให้ต่อปลั๊ก RTD Probe เข้ากับด้านหลังเครื่องและจุ่มปลายของ RTD Probe ลงในตัวอย่าง

ข-3 การวิเคราะห์การแยกชั้น (ตามวิธีของกสิภูมิ ทวนคงและคณะ, 2557)

โดยเตรียมหลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกน้ำหนักไว้ เทซอสประมาณ 5 กรัม ลงในหลอดเซนตริฟิวส์จดบันทึกน้ำหนักไว้นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 rpm เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นถ่ายน้ำที่บริเวณผิวหน้าซอสออกนำหลอดที่ถ่ายน้ำออกแล้วมาชั่งน้ำหนักสุดท้าย เพื่อนำมาคำนวณหาค่า Percent Serum Loss (%SL) จากสูตร

$$\%SL = \frac{\text{น้ำหนักซอสก่อนถ่ายน้ำ} - \text{น้ำหนักซอสหลังถ่ายน้ำ} \times 100}{\text{น้ำหนักซอสก่อนถ่ายน้ำ}}$$

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

ค-1 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total viable count) (BAM, 1998) (Cerificate No. 010404)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. จานอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry TC
2. สารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างซอสหมึกปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุง Stomacher
2. เจือจางตัวอย่างให้มีระดับการเจือจางเป็น 10^{-1} ด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร
3. ตีตัวอย่างให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Stomacher นาน 30 วินาที
4. เจือจางตัวอย่างให้มีระดับการเจือจางเป็น 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1
5. ดูดตัวอย่างที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry TC ทำ 2 ซ้ำ
6. บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง
7. ตรวจนับโคโลนีจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry TC ที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ยของจานอาหารทั้ง 2 ซ้ำ รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง คำนวณตามสูตรดัง

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนจานอาหารที่ระดับการเจือจางเดียวกัน}}{\text{ระดับการเจือจางนั้น}}$$

ค-2 การวิเคราะห์ยีสต์และรา (BAM, 1998) (Cerificate No. 100401)

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. จานอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry YM
2. สารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างซอสหมึกปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในถุง Stomacher
2. เจือจางตัวอย่างให้มีระดับการเจือจางเป็น 10^{-1} ด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร
3. ตีตัวอย่างให้กระจายเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Stomacher นาน 1 นาที
4. เจือจางตัวอย่างให้มีระดับการเจือจางเป็น 10^{-2} และ 10^{-3} ด้วยสารละลายเปปโตนร้อยละ 0.1
5. ดูดตัวอย่างที่ระดับการเจือจางที่เหมาะสม ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry YM ทำ 2 ซ้ำ
6. บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 4-5 วัน
7. ตรวจนับโคโลนียีสต์และราในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป Compact dry YM ที่มีจำนวนโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี แล้วหาค่าเฉลี่ยของจานอาหารทั้ง 2 ซ้ำ รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตรตัวอย่าง คำนวณตามสูตรดัง

$$\text{จำนวนยีสต์และรา} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีบนจานอาหารที่ระดับการเจือจางเดียวกัน}}{\text{ระดับการเจือจาง}}$$

ภาคผนวก ง

การทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบความชอบวิธี 9-point-hedonic scale

ชื่อผู้ทดสอบ : ....

หมายเลขผู้ทดสอบ : .... วันที่ : ....

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาตามลำดับ แล้วให้คะแนนความชอบที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด
2 = ไม่ชอบมาก
3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
5 = เฉยๆ
6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก
9 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	....	....	....	....
ลักษณะปรากฏ	....	....	....	....
สี	....	....	....	....
กลิ่นหมึก	....	....	....	....
รสชาติ	....	....	....	....
ความชอบโดยรวม	....	....	....	....

- รสชาติ ให้ชิมจากตัวอย่างผักบุ้งที่ผัดกับซอส

ข้อเสนอแนะ

....

....

....

....

ภาคผนวก จ

ซอสหอยนางรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ มผช.1016/2548)

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมซอสที่ทำจากหอยนางรม บรรจุในภาชนะบรรจุ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ซอสหอยนางรม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อหอยนางรมมาบดให้ละเอียดแล้วทำให้สุกหรือใช้หอยนางรมสกัดหรือใช้หอยนางรมย่อยสลาย มาผสมกับเครื่องปรุงรสเช่น ซอสปรุงรส ซีอิ๊ว น้ำตาล และส่วนประกอบอื่น เช่น แป้งดัดแปร ต้มให้เดือด บรรจุในภาชนะบรรจุขณะร้อนแล้วทำให้เย็นทันที

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดพอเหมาะ ไม่แยกชั้น

3.2 สี

ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของซอสหอยนางรม

3.3 กลิ่นรส

ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของซอสหอยนางรม ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับกลิ่นหืนรสเปรี้ยว

เมื่อตรวจสอบโดยวิธีให้คะแนนตามข้อ 8.1 แล้ว ต้องได้คะแนนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากผู้ตรวจสอบทุกคนไม่น้อยกว่า 3 คะแนน และไม่มีลักษณะใดได้ 1 คะแนนจากผู้ตรวจสอบคนใดคนหนึ่ง

3.4 สิ่งแปลกปลอม

ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

3.5 วัตถุเจือปนอาหาร

3.5.1 ห้ามใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด

3.5.2 หากมีการใช้วัตถุกันเสียให้ใช้ได้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด

3.6 จุลินทรีย์

3.6.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

3.6.2 ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

4. สุขลักษณะ

4.1 สุขลักษณะในการทำซอสหอยนางรม ให้เป็นไปตามคำแนะนำตาม GMP.

5. การบรรจุ

5.1 ให้บรรจุซอสหอยนางรมในภาชนะบรรจุที่สะอาด ปิดได้สนิทและสามารถป้องกันการปนเปื้อนจากสิ่งสกปรกภายนอกได้

5.2 ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิของซอสหอยนางรมในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

6. เครื่องหมายและฉลาก

6.1 ที่ภาชนะบรรจุซอสหอยนางรมทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

1. ชื่อผลิตภัณฑ์
2. ส่วนประกอบที่สำคัญ
3. ชนิดและปริมาณวัตถุเจือปนอาหาร (ถ้ามี)
4. ปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ
5. วัน เดือน ปีที่ทำ และวัน เดือน ปีที่หมดอายุ หรือข้อความว่า "ควรบริโภคก่อน (วัน เดือน ปี) "
6. ข้อแนะนำในการเก็บรักษา
7. ชื่อผู้ทำหรือสถานที่ทำ พร้อมสถานที่ตั้ง หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ซอสหอยนางรมที่ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอมการบรรจุและเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.4 ข้อ 5. และข้อ 6. จึงจะถือว่าซอสหอยนางรมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นรสให้ใช้ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบตามข้อ 7.2.1 แล้ว จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเมื่อตรวจสอบแล้วทุกตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.1 ถึงข้อ 3.3 จึงจะถือว่าซอสหอยนางรมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบวัตถุเจือปนอาหารให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือ 200 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.5 จึงจะถือว่าซอสหอยนางรมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุเพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 ลูกบาศก์เซนติเมตรหรือ 200 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาตรรวมหรือน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบแล้วตัวอย่างต้องเป็นไปตามข้อ 3.6 จึงจะถือว่าซอสหอยนางรมรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างซอสหอยนางรมต้องเป็นไปตามข้อ 7.2.1 ข้อ 7.2.2 ข้อ 7.2.3 และข้อ 7.2.4 ทุกข้อ จึงจะถือว่าซอสหอยนางรมรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สีและกลิ่นรส

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบ ประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบซอสหอยนางรมอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างซอสหอยนางรมลงในถ้วยกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.3 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนน
(ข้อ 8.1.3)

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสินใจ			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	ต้องเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืดพอเหมาะ ไม่แยกชั้น	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของซอมหอยนางรม	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของซอสหอยนางรม ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสเปรี้ยว	4	3	2	1

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอมภาชนะบรรจุและเครื่องหมายและฉลาก
ให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบวัตถุเจือปนอาหาร
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.4 การทดสอบจุลินทรีย์
ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

8.5 การทดสอบปริมาตรสุทธิหรือน้ำหนักสุทธิ

ภาคผนวก ฉ

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ ฉ-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ระดับ 1 3 และ 5 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
อัตราส่วน	2.254	1	2.254	14.451	0.013*
เวลา	11.913	2	5.956	38.182	0.001*
อัตราส่วน×เวลา	0.628	2	0.314	2.014	0.228
Error	0.780	5	0.156		
Total	4299.095	12			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ปาเปนในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำ 1:1 และ 1:2 และระยะเวลาในการย่อยสลายที่ระดับ 1 3 และ 5 ชั่วโมง

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
อัตราส่วน	46.378	1	46.378	245.672	0.000*
เวลา	18.911	2	9.456	50.088	0.000*
อัตราส่วน×เวลา	1.788	2	0.894	4.735	0.070
Error	0.944	5	0.189		
Total	4335.475	12			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์อัลคาเลสที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 1.5

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	2.916	2	1.458	24.741	0.014*
Error	0.177	3	0.059		
Total	3.093	5			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกที่ย่อยสลายโดยใช้เอนไซม์ปาเปนที่ปริมาณร้อยละ 0.5 1 และ 1.5

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	5.104	2	2.552	15.877	0.025*
Error	0.482	3	0.161		
Total	5.586	5			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.007	1	0.007	31.500	0.005*
Error	0.001	4	0.000		
Total	0.008	5			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.432	1	0.432	0.224	0.661
Error	7.729	4	1.932		
Total	8.161	5			

ตารางที่ ฉ-7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	666373.366	1	666373.366	2.272	0.206
Error	1173383.383	4	293345.846		
Total	1839756.749	5			

ตารางที่ ฉ-8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.091	1	0.091	0.056	0.824
Error	6.473	4	1.618		
Total	6.565	5			

ตารางที่ ฉ-9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.016	1	0.016	0.008	0.933
Error	8.029	4	2.007		
Total	8.045	5			

ตารางที่ ฉ-10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี a* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	2.912	1	2.912	47.338	0.002*
Error	0.246	4	0.062		
Total	3.158	5			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.602	1	0.602	0.293	0.617
Error	8.213	4	2.053		
Total	8.815	5			

ตารางที่ ฉ-12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	2.017	1	2.017	2.855	0.102
Error	20.483	29	0.706		
Total	2927.000	60			

ตารางที่ ฉ-13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	5.400	1	5.400	6.117	0.019*
Error	25.600	29	0.883		
Total	3006.000	60			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	8.817	1	8.817	5.362	0.028*
Error	47.683	29	1.644		
Total	2407.000	60			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	.017	1	0.017	0.013	0.909
Error	36.483	29	1.258		
Total	2761.000	60			

ตารางที่ ฉ-16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ผลิตจากโปรตีนไฮโดรไลเสทของเอนไซม์อัลคาเลสและปาเปน

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	2.400	1	2.400	1.561	0.222
Error	44.600	29	1.538		
Total	2886.000	60			

ตารางที่ ฉ-17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	0.007	1	0.007	31.500	0.005*
Error	0.001	4	0.000		
Total	162.144	6			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	4.682	1	4.682	40.129	0.003*
Error	0.467	4	0.117		
Total	7962.190	6			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	6654222.970	1	6654222.970	6.235	0.067
Error	4268872.322	4	1067218.080		
Total	4.294E8	6			

ตารางที่ ฉ-20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการแยกชั้นของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	239.781	1	239.781	166.534	0.000*
Error	5.759	4	1.440		
Total	1966.306	6			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L* ของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	.016	1	0.016	0.008	0.933
Error	8.029	4	2.007		
Total	2677.196	6			

ตารางที่ ฉ-22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี a* ของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	2.912	1	2.912	47.338	0.002*
Error	.246	4	0.062		
Total	1106.942	6			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี b* ของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	.602	1	0.602	0.293	0.617
Error	8.213	4	2.053		
Total	3459.057	6			

ตารางที่ ฉ-24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	71.025	3	23.675	21.744	0.000*
Error	94.725	87	1.089		
Total	5361.000	120			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนคุณลักษณะด้านสีของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	51.367	3	17.122	17.919	0.000*
Error	83.133	87	0.956		
Total	5176.000	120			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนคุณลักษณะด้านกลิ่นของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	16.200	3	5.400	4.399	0.006*
Error	106.800	87	1.228		
Total	5158.000	120			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	13.267	3	4.422	3.227	0.026*
Error	119.233	87	1.370		
Total	5156.000	120			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมของซอสหมึกที่ผลิตจากเอนไซม์ปาเปนโดยแปรปริมาณโปรตีนไฮโดรไลเสทในระดับต่างๆ

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig
Treatment	33.625	3	11.208	11.322	0.000*
Error	86.125	87	0.990		
Total	5491.000	120			

* หมายถึง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรด-ด่างที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	0.009	4	0.002	1.354	0.367
Error	0.009	5	0.002		
Total	0.018	9			

ตารางที่ ฉ-30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	0.122	4	0.030	1.151	0.430
Error	0.132	5	0.026		
Total	0.254	9			

ตารางที่ ฉ-31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	30472.765	4	7618.191	60.533	0.000*
Error	629.263	5	125.853		
Total	31102.029	9			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการแยกชั้นที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	5.295	4	1.324	16.411	0.004*
Error	0.403	5	0.081		
Total	5.295	4			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L* ที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	2.081	4	0.520	10.933	0.011*
Error	0.238	5	0.048		
Total	2.319	9			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี a* ที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	0.386	4	0.097	0.993	0.488
Error	0.486	5	00.097		
Total	0.872	9			

ตารางที่ ฉ-35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี b* ที่ระยะเวลา 0 1 2 3 และ 4 สัปดาห์

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	3.543	4	0.886	5.127	0.051
Error	0.864	5	0.173		
Total	4.406	9			

ตารางที่ ฉ-36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีด้านโปรตีนของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	10.839	3	3.613	4014.370	0.000*
Error	0.004	4	.001		
Total	10.842	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีด้านไขมันของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	0.099	3	0.033	26.280	0.004*
Error	0.005	4	0.001		
Total	0.104	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีด้านเถ้าของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	72.291	3	24.097	20953.899	0.000*
Error	0.005	4	0.001		
Total	72.296	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีด้านความชื้นของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	81.652	3	27.217	23667.290	0.000*
Error	.005	4	0.001		
Total	81.657	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนองค์ประกอบทางเคมีด้านคาร์โบไฮเดรตของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	36.571	3	12.190	4514.932	0.000*
Error	.011	4	0.003		
Total	36.582	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	2.234	3	0.745	318.522	0.000*
Error	0.009	4	0.002		
Total	2.243	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source		df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	74.247	3	24.749	236.353	0.000*
Error	0.419	4	0.105		
Total	74.666	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหนืดของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	2278.613	3	759.538	1216.185	0.000*
Error	2.498	4	0.625		
Total	2281.111	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05

ตารางที่ ฉ-44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าการแยกชั้นของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	618.135	3	206.045	4288.137	0.000*
Error	0.192	4	0.048		
Total	618.327	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L* ของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	781.232	3	260.411	7253.781	0.000*
Error	0.144	4	0.036		
Total	781.376	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี a* ของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	257.155	3	85.718	1882.889	0.000*
Error	0.182	4	0.046		
Total	257.338	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี b* ของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	2278.613	3	759.538	1216.185	0.000*
Error	2.498	4	0.625		
Total	2281.111	7			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	13.767	3	4.589	4.192	0.008*
Error	95.233	87	1.095		
Total	5762.000	120			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะด้านสีของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	22.225	3	7.408	5.176	0.002*
Error	124.525	87	1.431		
Total	5305.000	120			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

ตารางที่ ฉ-50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะด้านกลิ่นของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	58.967	3	19.656	10.821	0.000*
Error	158.033	87	1.816		
Total	4506.000	120			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะด้านรสชาติของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	18.600	3	6.200	3.460	0.020*
Error	155.900	87	1.792		
Total	5912.000	120			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ ฉ-52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปรียบเทียบคะแนนคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมของซอสหมึกและซอสหอยนางรมทางการค้า

Source	Sum of Squares	df	Mean Squares	F	Sig.
Treatment	19.500	3	6.500	6.048	0.001*
Error	93.500	87	1.075		
Total	5480.000	120			

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก ช

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางที่ ช-1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ยี่ห้อ	ความเป็นกรด-ด่าง
ซอสหมึก	5.42 ± 0.09^{a}
แม่ครัว	4.45 ± 0.03^{b}
เด็กสมบูรณ์	4.56 ± 0.01^{b}
ไฮนซ์	3.94 ± 0.01^{c}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$)

ตารางที่ ช-2 ค่าปริมาณของแข็งของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ยี่ห้อ	ปริมาณของแข็ง (ร้อยละ)
ซอสหมึก	30.55 ± 0.44^{a}
แม่ครัว	22.81 ± 0.06^{c}
เด็กสมบูรณ์	29.78 ± 0.18^{a}
ไฮนซ์	26.72 ± 0.44^{b}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$)

ตารางที่ ช-3 ค่าความหนืดของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ยี่ห้อ	ความหนืด (cP)
ซอสหมึก	8638.16 ± 169.67^{b}
แม่ครัว	7168.30 ± 42.18^{c}
เด็กสมบูรณ์	15926.61 ± 42.42^{a}
ไฮนซ์	15701.64 ± 148.45^{a}

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

a, b, c หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \le 0.05$)

ตารางที่ ช-4 ค่าการแยกชั้นของซอสหมึกเปรียบเทียบกับซอสหอยนางรมทางการค้า

ยี่ห้อ	การแยกชั้น (ร้อยละ)
ซอสหมึก	20.30±0.44[a]
แม่ครัว	0
เด็กสมบูรณ์	0
ไฮนซ์	0

ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้จากการทดลอง 2 ซ้ำ

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนิสานาถ กระแสร์ชล
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nisanarth Krasaechol

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3. หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

4. ประวัติการศึกษา

2544 – 2550	วท.ด. (เทคโนโลยีทางอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2548 - 2549	Visiting student, Department of Food Science, The Pennsylvania State University, USA.
2537 - 2541	วท.ม. (เทคโนโลยีทางอาหาร) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2533 – 2537	วท.บ. (วิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ) มหาวิทยาลัยบูรพา

5. สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

เคมีอาหาร, โปรตีนในอาหาร, การแปรรูปผักผลไม้, การแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และสัตว์น้ำจืดและทะเล

ผู้ร่วมโครงการวิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาววิชมณี ยืนยงพุทธกาล
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Wichamanee Yuenyongputtakal

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

4. ประวัติการศึกษา

2545 – 2549	Ph.D. (Agro-industrial Product Development) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2547 - 2548	Visiting student (under the Agro-Industry Ph.D. Program Consortium), School of Food Biosciences, The University of Reading, Reading, United Kingdom.
2539 – 2542	M.Sc. (Agro-industrial Product Development) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2535 – 2539	B.Sc. (Food Science and Nutrition) มหาวิทยาลัยบูรพา

5. สาขาที่มีความชำนาญพิเศษ

Food product development, Sensory evaluation, Processing of fruit and vegetable, Osmotic dehydration

ผู้ร่วมวิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสิริมา ชินสาร
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Sirima Chinnasarn

2. ตำแหน่งปัจจุบัน

อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

3. หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต. แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

4. ประวัติการศึกษา

2544 – 2548	Ph.D. (Food Technology) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2545 - 2547	Visiting student (under the Agro-Industry Ph.D. Program Consortium), School of Food Biosciences, The University of Reading, Reading, United Kingdom.
2538 – 2541	M.Sc. (Food Technology) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2534 – 2538	B.Sc. (Food Technology and Nutrition) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

Drying process; Oil absorption and frying process; Processing of fruit and vegetable, Osmotic dehydration