รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง เป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส

Utilization from Fresh Crab Boiled Water with Edible Freshwater Algae, Kamkung as Food Seasonings

อุไรวรรณ วัฒนกุล Uraiwan Wattanakul
วัฒนา วัฒนกุล Wattana Wattanakul
ผ่องศรี พัฒนมณี Pongsri Pattanamanee

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2564 งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยประยุกต์ใช้วัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปปูม้าของชุมชนในอำเภอสิเกา และกันตัง จังหวัดตรัง ร่วมกับการนำสาหร่ายก้ามกุ้ง ซึ่งเป็นสาหร่ายพื้นถิ่นของจังหวัดกระบี่มาเพิ่มมูลค่าการใช้ประโยชน์ โดยน้ำต้มปูสดย่อมมีสารอาหารในตัวปูที่สามารถละลายปนออกมากับน้ำต้มในระหว่างการแปรรูป ส่วนสาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้งมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะมีโปรตีนสูง ดังนั้นหากใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารปรุงรส โดยใช้น้ำต้มปูร่วมกับสาหร่าย อาจได้ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสลดโซเดียม โดยใช้สาหร่ายและน้ำต้มปูในการเป็น flavor enhancer และ bitter blocker จะเป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายก้ามกุ้งและน้ำต้มปูสด เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทั้งสองชนิดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งงานวิจัยนี้เป็นการต่อยอดการใช้ประโยชน์สาหร่ายก้ามกุ้ง จากงานวิจัยในปีงบประมาณ 2563 เรื่องสารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปสาหร่ายก้ามกุ้งแผ่นที่ผ่านการไฮโดรไลเซท อีกทั้งสาหร่ายชนิดนี้ยังมีสารทางชีวภาพดังที่ได้กล่าวมา โดยเฉพาะสารกลุ่มที่มีความสามารถในการต้านออกซิเดชันหรือต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่รงควัตถุคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และแร่ธาตุบางชนิดที่มีในปริมาณสูง ดังนั้นการนำสาหร่ายร่วมกับน้ำต้มปูสด มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารปรุงรส จึงมีความเป็นไปได้ในแง่ของผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติในการช่วยส่งเสริมสุขภาพของผู้บริโภคอย่างเป็นรูปธรรม งานวิจัยนี้เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มของสาหร่ายและน้ำต้มปู เพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ที่จะผลักดันสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ และเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่กลุ่มชาวประมงพื้นบ้าน ผู้แปรรูปปูเนื้อจำหน่าย และเกษตรกรผู้ที่มีสาหร่ายก้ามกุ้งในบ่อธรรมชาติ รองรับนโยบายการส่งเสริมสุขภาพของคนไทยในอนาคต

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้การช่วยเหลืออำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดมา ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการวิจัยครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ความดีของรายงานฉบับนี้ ขอมอบแด่ อาจารย์ทุกท่านที่ได้คอยประสิทธิ์ประสาทวิชาการให้แก่ข้าพเจ้า ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

อุไรวรรณ วัฒนกุล
วัฒนา วัฒนกุล
ผ่องศรี พัฒนมณี
สิงหาคม 2565

การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง เป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส

อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] วัฒนา วัฒนกุล[1] และผ่องศรี พัฒนมณี[1]

บทคัดย่อ

การไฮโดรไลซ์ สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) จะได้โปรตีนไฮโดรไลเซท มีกลิ่นรสที่ช่วยให้เจริญอาหาร เมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำนึ่งปูทะเล ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือทางการประมงที่ผ่านการเคี่ยวจนได้เป็นน้ำปูข้นหนืด จะได้รสชาติเฉพาะและมีสารอาหารสูง มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ผลิตเป็นเครื่องปรุงรสอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผงปรุงรส และซอสปรุงรส จากสาหร่ายไฮโดรไลเซทร่วมกับน้ำปูข้นหนืด ประเมินการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผงปรุงสรประกอบด้วย น้ำปูข้นหนืด 60 กรัม สาหร่าย 6 กรัมและ ผงผัก 25 กรัม ส่วนน้ำซอสปรุงรส ประกอบด้วย สาหร่ายไฮโดรไลเซท 6 กรัม น้ำปูข้นหนืด 30 กรัม น้ำ 200 กรัม น้ำตาลทราย 10 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 10 กรัม แป้งข้าวโพด 3.94 กรัม และพริกไทยป่น 0.06 กรัม ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมโดยเฉลี่ยในระดับปานกลาง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงปรุงรส ได้แก่ ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เยื่อใย และปริมาณเกลือ เท่ากับ ร้อยละ 10.05, 32.89, 28.12,2.50 และ 64.84 ตามลำดับ ส่วนน้ำซอสปรุงรสมีปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เยื่อใย ของแข็งทั้งหมด และปริมาณเกลือ เท่ากับ ร้อยละ 52.35, 10.45, 9.63, 0.21, 47.67 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (a_w) และค่า pH ของน้ำซอสปรุงรสเท่ากับ 0.90 และ 7.10 และผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ

คำสำคัญ : น้ำต้มปูสด สาหร่ายก้ามกุ้ง ผลิตภัณฑ์ปรุงรส

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.สิเกา จ.ตรัง

Utilization from Fresh Crab Boiled Water with Edible Freshwater Algae, Kamkung as Food Seasonings

Uraiwan Wattanakul[1] Wattana Wattanakul[1] and Pongsri Pattanamanee[1]

Abstract

Kamkung algae (*Chara corollina*) was hydrolyzed to protein hydrolyzate. It has a flavor that helps appetite. Therefore, Blue Swimming Crab boiling water which is a fishery wasted material that has been simmered until it becomes Sea Crab condensate and a product with a specific flavor and high nutrition. It was suitable to apply for the food seasoning product. The objective of this research was to develope the best formula for the seasoning powder and seasoning sauce from hydrolyzed Kamkung algae mixed with Sea Crab condensate and to assess consumer acceptance. The results showed that appropriate formula of seasoning powder consisted of 6g. hydrolyzed algae, 60g. Sea Crab condensate and 25g. dried vegetable powder. The appropriate formula of seasoning sauce consisted of 6g. hydrolyzed algae, 30g. Sea Crab condensate and 200g. water, 10g. sugar, 10g. tapioca starch, 3.94g. corn flour and 0.06g. pepper. The consumer acceptance assessment showed that they liked food seasoning moderately with overall. The proximate analysis of the seasoning powder product were 10.05% moisture constent, 32.89% protein, 28.12% ash, 2.50% fiber and 64.84% salt content. Physical properties of the sauce were also determined, the result showed that water activity and pH were 0.89 and 7.10. These were complied the standard for sauce set by Thai Industrial Standards Institute. Therefore, the proximate analysis of the seasoning sauce product were 52.35% moisture constent, 10.45% protein, 9.63% ash, 0.21% fiber, 47.67% total solids and 0.83% salt content. Both products had antioxidant activity.

Keywords : Fresh Crab Boiled Water, Edible Freshwater Algae, Kamkung, Food Seasoning

.....

[1]Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Techonology Srivijaya, Sikao, Trang

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วิธีดำเนินการวิจัย	10
ผลการวิจัยและวิจารณ์	18
สรุปผลการวิจัย	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	41
ภาคผนวก ก ภาพการวิเคราะห์ค่าต่างๆ	42
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ	64
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส	75
ภาคผนวก ง การนำเสนอผลงานทางวิชาการ (Proceeding)	77

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	วัตถุดิบส่วนผสมของผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (วางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ดีไซน์)	12
2	วัตถุดิบส่วนผสมของซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร	14
3	องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด สาหร่ายอบแห้ง และสาหร่ายไฮโดรไลเซท	19
4	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของสาหร่ายก้ามกุ้งทั้ง 3 สภาวะ	20
5	คุณภาพทางกายภาพของน้ำต้มปูข้นหนืด	21
6	คุณภาพทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด	21
7	องค์ประกอบทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด	21
8	อุณหภูมิการอบ ระยะเวลาการอบ ปริมาณค่า a_w และอัตราส่วนผสมต่อ 100 กรัม ของส่วนผสมผักในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก	23
9	องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก	23
10	คุณภาพทางกายภาพในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก	24
11	การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก	25
12	การประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก	26
13	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS Assay ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก	27
14	องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	28
15	คุณภาพทางเคมีและกายภาพในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	29
16	การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	30
17	การประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	30
18	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS Assay ในสูตรซอสข้นปรุงรส	31

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)	2
2	สาหร่ายก้ามกุ้ง	19
3	ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก	33
4	ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	34

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina*	43
2	การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina* (ต่อ)	44
3	การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina* (ต่อ)	45
4	การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่าย *Chara corollina* ด้วยเอนไซม์ Flavourzyme	46
5	การผลิตน้ำต้มปูข้นหนืด	47
6	การผลิตน้ำต้มปูข้นหนืด (ต่อ)	48
7	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก	49
8	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	50
9	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	51
10	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	52
11	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	53
12	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	54
13	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	55
14	วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)	56
15	วิธีการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	57
16	วิธีการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส (ต่อ)	58
17	วิธีการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส (ต่อ)	59
18	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ	60
19	การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี	61
20	การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ	62
21	การถ่ายทอดเทคโนโลยี	63

บทนำ

ปูทะเล

ปูเป็นอาหารและสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย ผลผลิตปูม้าในประเทศไทยในปี 2554 ประกอบด้วยปูม้าจากฝั่งอ่าวไทยซึ่งมีมากถึงร้อยละ 58.9 และฝั่งอันดามันร้อยละ 41.1 ขณะที่ในปี พ.ศ. 2556 ปูม้าที่มีการจำหน่ายมีปริมาณมูลค่าสูง คิดเป็น 33,500 ตัน (ร้อยละ 82.51 ของปริมาณปูที่จับได้ รองลงมา คือปูทะเล *(Scylla olivacea)* และปูอื่นๆ อีก 4,200 ตัน (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2557) นับวันปริมาณปูม้า และปูทะเลมีการลดลงอย่างรวดเร็วและมีราคาแพง เนื่องจากความต้องการเป็นอาหารที่เพิ่มตามจำนวนประชากร ดังนั้นการเลี้ยงปูม้าจึงเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มรายได้ให้กับประชาชนที่อาศัยบริเวณชายฝั่งและหมู่เกาะของจังหวัดตรัง ซึ่งสำนักงานเกษตรจังหวัดตรัง และเกษตรอำเภอ สำรวจพบว่า มีการทำฟาร์มเลี้ยงปูม้าขุน ของเกษตรกร Young Smart Farmer ในปี 2563 ที่ตำบลเกาะลิบง เพื่อเชื่อมโยงธุรกิจปูม้าขุน ทั้งด้านคุณภาพ ราคา การตลาด และนำสู่การท่องเที่ยวเกาะลิบง โดยมีแผนการท่องเที่ยวในรูปแบบใหม่ ให้นักท่องเที่ยวได้มากินปูสดถึงกระชัง ภายใต้ชื่อวิสาหกิจชุมชนท่องเที่ยวเกาะลิบง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากกรมประมงระบุว่าความต้องการบริโภคปูของผู้บริโภคยังคงมีสูงตลอดปี ทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะในช่วงเทศกาลและฤดูกาลท่องเที่ยว สำหรับตลาดต่างประเทศ มีการส่งออกไปยังประเทศต่าง ๆ เช่น จีน ไต้หวัน ฮ่องกง สิงคโปร์ เป็นต้น ปัจจุบันราคาปูที่จำหน่ายโดยเฉลี่ยในท้องตลาด มีดังนี้ ปูเนื้อขนาด 300-400 กรัม/ตัว ราคา 150-190 บาท/กก. ขนาด 400-500 กรัม/ตัว ราคา 190-250 บาท/กก. ปูไข่ขนาด 200-300 กรัม/ตัว ราคา 200-250 บาท/กก. ขนาด 300 กรัมขึ้นไป ราคา 300 บาทขึ้นไป

คุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อปูเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีนสูง มีไขมันต่ำ โดยเฉพาะวิตามินหลากหลายชนิด เช่น โฟเลท วิตามินซี ไนอะซิน วิตามิน B12 และเกลือแร่ที่จำเป็น ได้แก่ โปแตสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และเซเลเนียม เป็นต้น (Nutrition value, 2014) การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในกลุ่มปูม้าและปูทะเล (Tureli and Erdem, 2000; Zafar *et al*., 2004) และมีการศึกษาของพันธุ์ทิพย์และคณะ (2558) เรื่องคุณค่าทางโภชนาการของปูจากอวนจมปูที่ใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือก พบว่า ในปู 12 ชนิดที่จับได้จากอวนจมปู ในส่วนเนื้อมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าส่วนอวัยวะภายใน ขณะที่อวัยวะภายในมีปริมาณไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าส่วนเนื้อ ทำให้พบว่ามีปูหลายชนิดที่ควรพัฒนาเป็นแหล่งอาหารทางเลือก เช่น ปูกางเขน ปูใบม่วง ปูหินฟ้า ปูกะตอยก้ามดำ และปูม้าลาย เพราะมีโปรตีนในส่วนเนื้อสูงกว่าปูม้า และมีไขมันต่ำกว่า ทั้งนี้ปูม้ามีปริมาณโปรตีนและไขมันคิดเป็นร้อยละ 16.75 และ 0.68 ตามลำดับ

สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)

การจำแนกหมวดหมู่

สาหร่ายไฟชนิดสาหร่ายก้ามปู จัดอนุกรมวิธานตาม John *et al*., (2002) ได้ดังนี้

Division Charophyta

Class Charophyceae

Order Charales

Family Characeae

Genus *Chara*

Specices *corallina*

สาหร่ายก้ามกุ้ง จัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายไฟ มีความใกล้เคียงกับพืชชั้นสูงมาก มีส่วนที่เป็นข้อ (node) และปล้อง (internode) ชัดเจน เป็นสาหร่ายเจริญเติบโตในน้ำจืด มีไรซอยด์ยึดเกาะอยู่กับพื้น ซึ่งอาจเป็นดินหรือทราย พบได้ในแหล่งน้ำตื้นๆ หรือริมฝั่ง คู คลอง หนอง บึง ซึ่งมีน้ำท่วมถึงและไม่ลึกมาก พบบ่อยในบ่อเลี้ยงปลาน้ำตื้น มีพื้นทีเป็นดินโคลน มีการปลูกพืชน้ำ เช่น บัว หรือบางครั้งอาจพบในนาข้าวช่วงที่น้ำยังท่วม บางครั้งจึงถูกจัดเป็นวัชพืช (ยุวดี, 2546) ลักษณะสำคัญของสาหร่ายในดิวิชั่นนี้ มีดังนี้

(๑) มีรงควัตถุและอาหารสะสมตลอดจนคลอโรพลาสต์ เช่นเดียวกับสาหร่ายสีเขียว คือ มีคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี รวมถึง แคโรทีนอยด์ ซึ่งประกอบด้วย แคโรทีนและแซนโธฟิลล์ อาหารสะสมจะเก็บไว้ในรูปแป้งชนิดต่างๆ

(๒) ลักษณะทั่วไป ทัลลัสของสาหร่ายชนิดนี้ลู่ไปตามน้ำอาจจะสั้นหรืออาจจะยาวกว่า 1 เมตร ปล้องประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียวเรียกว่า เซลล์กลาง (central cell) ที่ยืดยาวออก ส่วนของข้อนั้นจะมีหลายเซลล์มาล้อมรอบเซลล์กลาง เรียกเซลล์ที่มาล้อมรอบนี้ว่า เซลล์เพอริเซนทรัล (pericentral cell) หรือ เซลล์ปล้อง (nodal cell) ในสกุล *Chara* จะมีคอร์ติเคชัน (cortication) โดยเซลล์ข้อจะยืดยาวออกโดยเจริญไปด้านบนครึ่งหนึ่งลงมาด้านล่างครึ่งหนึ่งหุ้มส่วนที่เป็นข้อไว้ ทำให้ปล้องมีลักษณะเป็นลอน เรียกเซลล์เหล่านี้ว่า เซลล์คอร์ติเคติง (corticating cell) ซึ่งเซลล์คอร์ติเคติงนี้เกิดในแขนงย่อยด้วย บริเวณที่เซลล์คอร์ติเคติงมาบรรจบกัน อาจมีติ่งเล็ก เกิดขึ้นเรียกว่า เซลล์หนาม (spine cell) ในสกุล *Chara* มีแขนงย่อยแตกออกจากแกนกลางเป็นวงโดยรอบ ลักษณะคล้ายใบรองรับแขนงที่แตกออกมา โดยอาจจะมีแถวเดียวหรือ 2 แถว บางแถวสั้น บางแถวยาว แล้วแต่สปีชีส์

ภาพที่ 1 สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corallina*)

องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายทั่วไป

สาหร่าย ประกอบด้วยสารพอลิแซคคาไรด์จำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ซึ่งมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตไฮโดรคอลลอยด์ สารพอลิแซคคาไรด์ไม่สามารถย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ จึงเรียกว่า เยื่อใย (dietary fibres) (Lahaye and Rochas., 1991) จากการเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเยื่อใยของสาหร่ายกับพืชอาหารทั่วไป พบว่าสาหร่ายมีปริมาณเยื่อใยที่ละลายน้ำ (suluble fiber) และเยื่อใยที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble fiber) สูงกว่าพืชอาหารทั่วไปบางชนิด (MacArtain *et,al.,* 2007) สาหร่ายมีโปรตีนประมาณร้อยละ 5-15 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ และฤดูกาล โดยเฉพาะกรดอะมิโนกลูตามิกและแอสปาร์ติก มีบทบาทในการเสริมรสชาติทำให้เกิดรสอร่อย หรือ รสอุมามิ ส่วนกรดอะมิโนที่จำเป็นที่พบในสาหร่าย ได้แก่ ฮิสติดีน ลิวซีน ไอโซลินซีน และ วาลีน แต่พบซิสทิอีนในปริมาณต่ำ (Fleurence, 1999) ขณะที่ปริมาณไขมันในสาหร่ายมีเพียงร้อยละ 1-5 ของน้ำหนักแห้ง กรดไขมันที่พบในสาหร่ายมีทั้งกรดไขมันอิ่มตัว และกรดไขมันไม่อิ่มตัวในอัตราส่วนต่างกัน โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากที่สุดคือกรดปาล์มิติก รองลงมาคือกรดไมริสติก (myristic acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่พบมากในสาหร่ายคือกรดโอเลอิก ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดไขมันสายยาวมีมากถึงร้อยละ 90 ของกรดไขมันทั้งหมด ซึ่งรวมถึงกรดไขมันจำเป็น เช่นกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 (omega-3) และโอเมก้า 6 (omega-6) ที่มีสมบัติในการป้องกันโรคเส้นเลือดหัวใจอุดตัน โรคไขข้ออักเสบ และโรคเบาหวาน ในสาหร่ายสีเขียวพบในรูปกรดอัลฟ่าไลโนเลอิค (alpha linolenic acid) (MacArtain *et, al*., 2007) สาหร่ายประกอบด้วยแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม โปแตสเซียม แมกนีเซียม โซเดียม คอปเปอร์ เหล็ก ไอโอดีน และสังกะสี โดยเฉพาะแคลเซียมและไอโอดีน มีปริมาณมากกว่าพืชอาหารทั่วไป ปริมาณของแร่ธาตุนี้ขึ้นกับสิ่งแวดล้อมและสายพันธุ์ สาหร่ายบางชนิดมีปริมาณแร่ธาตุถึงร้อยละ 36 ของน้ำหนักแห้ง ทั้งนี้ไอโอดีนและแมกนีเซียมเป็นแร่ธาตุที่สำคัญพบมากในสาหร่ายสีน้ำตาล จึงนำสาหร่ายสีน้ำตาลมาใช้ในการรักษาโรคไทรอยด์ (Suzuki *et, al*., 1965) สาหร่ายยังเป็นแหล่งของแคลเซียมที่ดี เนื่องจากปริมาณแคลเซียมในสาหร่ายสูงถึงร้อยละ 7 ของน้ำหนักแห้ง และอาจมากกว่าในสาหร่ายบางชนิด (Burtin, 2003) ส่วนวิตามินที่พบในสาหร่ายได้แก่ วิตามินบี วิตามินซี และวิตามินอี มีปริมาณแตกต่างกันในสาหร่ายแต่ละสายพันธุ์ โดยสาหร่ายได้ชื่อว่าเป็นแหล่งของวิตามินบี (MacArtain *et, al*., 2007)

สารอาหารที่สำคัญในสาหร่ายน้ำจืด ก้ามกุ้ง

องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายก้ามกุ้งน้ำหนักแห้ง ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.15, 24.95, 19.55, 2.54, 7.29 และ 38.82 ตามลำดับ มีค่าพลังงานทั้งหมด เท่ากับ 238.71 กิโลแคลอรี สาหร่ายน้ำจืดชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เมื่อนำสาหร่ายแห้งมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน พบว่ามีทั้งกรดอะมิโนจำเป็น และกรดอะมิโนไม่จำเป็น รวมทั้งสิ้น 20 ชนิด ได้แก่ อาร์จินีน ฮีสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน อะลานีน กรดแอสพาติก กรดกลูตามิก ไกลซีน โพรลีน เซรีน ไทโรซีน ซีสตีน กลูตามีน และ ไฮดรอกซีโพรลีน ผลที่ได้มีความน่าสนใจ คือ มีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็น ในสัดส่วนที่มากกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็น เท่ากับ 1.63 เท่า ส่วนปริมาณกรดไขมัน พบว่า มีกรดไขมันใน

กลุ่มโอเมก้า 3 สูงกว่ากรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 ถึงประมาณ 4 เท่า ทั้งนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ตำแหน่งเดียว (MUFAs) มีปริมาณต่ำกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีหลายพันธะ (PUFAs) อีกทั้งสาหร่ายก้ามกุ้งจัดอยู่ในกลุ่มสาหร่ายน้ำจืดสีเขียว เมื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ พบว่ามีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll A) เท่ากับ 2.931$\pm$0.16 มก/ก.น้ำหนักแห้ง และมีปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoids) เท่ากับ 0.408$\pm$0.04 มก/ก ของน้ำหนักแห้ง ส่วนแร่ธาตุ มีทั้งแร่ธาตุหลัก ซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณมาก และแร่ธาตุรองซึ่งร่างกายต้องการในปริมาณน้อย ดังนี้ แคลเซียม (Ca), โปตัสเซียม (K) แมงกานีส (Mn), แมกนีเซียม (Mg), โซเดียม (Na), เหล็ก (Fe), สังกะสี (Zn),ซีลีเนียม (Se) คลอไรด์ (Cl) และทองแดง (Cu) โดยเฉพาะสาหร่ายชนิดนี้ มีปริมาณแต่ธาตุที่สำคัญในปริมาณสูงมาก ได้แก่แคลเซียม โปตัสเซียม แมงกานีส และเหล็ก

โปรตีนไฮโดรไลเซท (Hydrolysate Vegetable Protein, HVP)

Hydrolysed Vegetable Protein (HVP) คือ สารปรับปรุงและเสริมกลิ่นรสที่นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง เป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งได้จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสโปรตีนจากพืช ด้วยกรดด่างหรือ เอนไซม์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ HVP ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนเพปไทด์และสารประกอบอื่น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของ HVP คล้ายคลึงกับสารประกอบที่เกิดขึ้นในระหว่างการหุงต้มเนื้อ ทำให้ HVP มีสมบัติในการปรับปรุงและเสริมกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหารประเภทเนื้อสัตว์ แหล่งของโปรตีนต่างชนิดกันให้ HVP ที่มีสมบัติในการให้กลิ่นรสหรือเสริมกลิ่นรสของอาหารแตกต่างกัน กลิ่นรสของ HVP ที่ได้ขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ องค์ประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีนนั้น และกระบวนการผลิต (Aaslyng *et, al*., 1999) การผลิตทั่วไปมี 2 วิธี ได้แก่ การย่อยสลายด้วยสารเคมีเป็นการย่อยสลายด้วยกรด เนื่องจากมีกระบวนการทำง่าย ได้ ผลผลิตจำนวนมาก และมีกลิ่นรสที่แรงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (Nagodawithana, 1994) กรดที่นิยมใช้ได้แก่ กรดไฮโดรคลอริก และกรดซัลฟูริก กระบวนการผลิต HVP โดยย่อยสลายด้วยกรด ส่วนใหญ่ได้จากไฮโดรไลซ์แหล่งโปรตีนจากพืชด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4-6 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100-130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมงจากนั้นทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายด่าง (อัญชลี, 2548) และการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยมีการนำเอนไซม์มาประยุกต์ใช้ เช่น คงศักดิ์ (2544) พบว่า HVP ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนจากพืชด้วยเอนไซม์แอลฟา-อะมัยเลส มีปริมาณเกลือและสารน้อยกว่าสาร HVP ที่ได้จากการย่อยสลายด้วยกรด จึงมีการนำเอนไซม์มาใช้ในการย่อยสลายโปรตีนจากพืช เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ เป็นการย่อยสลายในภาวะที่ไม่รุนแรง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะเอนไซม์ในกลุ่ม protease ซึ่งมีสมบัติในการย่อยสลายพันธะเพปไทด์ของโปรตีนเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ คือ เพปไทด์ที่มีขนาดเล็ก และกรดอะมิโนอิสระ โดย HVP ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายที่แตกต่างกันมีสารหอมระเหยที่ให้กลิ่นหลักแตกต่างกัน (Weir, 1992) เอนไซม์ที่นิยมใช้ในการผลิต HVP ได้แก่ Flavorzyme (Kong *et, al*., 2008) โบรมิเลน (ณัฐวุฒิ, 2550; ชนิกานต์, 2552) เป็นต้น โปรตีนไฮโดรไลเซทที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนและอนุพันธ์ของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น ไทโรซีน เมทไธโอนีน ไกลซีน ซีสเตอีน ทริปโตเฟน ไลซีน อาร์จีนีน ลิงซีน วาลีน เป็นต้น มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และเมื่อมีกรดอะมิโนเหล่านี้ในปริมาณสูง จึงเกิดสมบัติเป็นสารโปรออกซิแดนท์ (pro-oxidants) (Marcuse, 1960)

ขณะที่การผลิตโดยใช้การย่อยสลายด้วยด่าง นิยมใช้ด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยวารยา (2539) รายงานการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์ ให้อัตราการย่อยสลายที่ดีและเร็วกว่า 0.2 โมลาร์ แต่การใช้ด่างไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากกรดอะมิโนบางชนิดเกิดปฏิกิริยา racemization เปลี่ยนจาก L-form ไปเป็น D-form ร่างกายไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แม้ว่าการสลายตัวของทริปโตเฟนน้อย (Peterson, 1974) การย่อยสลายด้วยสารละลายด่างที่สภาวะรุนแรงทำให้เกิดปฏิกิริยาเบต้า-อิลิมิเนชัน (B-elimination) ของกรดอะมิโนเซอรีนและซีสทีอีน เป็นผลให้เกิดสารประกอบดีไฮโดรอะลานีน (dehydroalanine) ซึ่งสามารถทำให้ปฏิกิริยากับกรดอะมิโนชนิดอื่น ๆ เช่น ซีสทีอีนและไลซีน ทำให้เกิดสารประกอบหลายชนิด เช่น แลนทิโอนีน (lanthionine) และไลซิโนอะลานีน (lysinoalaninde) ทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารที่สำคัญรวมทั้งเกิดสารพิษขึ้นและทำให้เกิดกลิ่นรสไม่ดี (Hill, 1965)

จากรายงานของ ณัฏฐา และคณะ (2554) ซึ่งผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเขียวด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ (Flavourzyme) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 24 เวลาย่อยสลาย 12 ชม. ได้ HVP ซึ่งมีสมบัติเป็นสารปรุงแต่งอาหารพบว่ามีปริมาณโปรตีนร้อยละ 63.62 มีกรดอะมิโนปริมาณสูง ได้แก่ อาร์จินน ลูซีน ไลซีน ฟินิลอะลานีนและเซอรีน สำหรับพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสไก่ การใช้เอนไซม์มีผลกระทบต่อโครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการย่อยด้วยสารเคมี โดยการย่อยด้วยสารเคมีมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของกรดอะมิโนจาก L-form เป็น D-form ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นสาเหตุให้คุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนลดลง (Hall and Ahmad, 1992) ทำให้เกิดสาร 3-MCPD ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย (Manley *et, al.,* 1981) แต่การย่อยของเอนไซม์ มีข้อเสีย คือโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้อาจมีรสขมจากเพปไทด์ของกลุ่มกรดอะมิโนที่ไม่ชอบน้ำ เช่น ลิวซีน วาลีน ไอโซลิวซีน ไทโรซีน ฟีนิลอะลานีน และทริปโตเฟน เป็นเพปไทด์ที่มีรสขม (Bertoldi *et, al.,* 2004)

การใช้สารธรรมชาติปรุงแต่งรสอาหารแทนเกลือ

แนวทางในการลดเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสในอาหาร มีหลายวิธีการ ได้แก่ การทดแทนเกลือโซเดียมคลอไรด์ ด้วยเกลือโพแทสเซียม แต่การเติมเกลือโพแทสเซียมในปริมาณมากจะส่งผลให้มีรสขม และมีกลิ่นรสของสารเคมี มีเนื้อสัมผัสด้อยกว่าการใช้เกลือแกง ส่วนใหญ่จะใช้การแทนที่ด้วยเกลือโพแทสเซียมที่ระดับร้อยละ 30 หรืออาจเพิ่มได้ถึงร้อยละ 50 (Kitcast and Angus, 2007) บางงานทดลองจะใช้ สารเสริมกลิ่นรส (flavor enhancer) ที่เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติ (Kremer *et al*., 2009) สารกลุ่มนี้จะช่วยกระตุ้นตัวรับรู้รสภายในช่องปาก ช่วยชดเชยการรับรู้รสเค็มของเกลือที่ลดลงไป การใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีกรดกลูตามิก หรือกลูตาเมตอิสระแทนเกลือเพื่อเป็น flavor enhancer และ bitter blocker ในอาหาร วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายและมีความปลอดภัยกับผู้บริโภค (Kremer *et al*., 2009)

กรดอะมิโนแอล-อาร์จินีน นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารลดเกลือโซเดียม กรดอะมิโนชนิดนี้ เป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย มีคุณสมบัติในการบดบังรสขม และกลิ่นรสโลหะ มักใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่นน้ำซุปที่มีการทดแทนโซเดียมด้วยเกลือโพแทสเซียมร่วมกับการเติมกรดอะมิโนอาร์จินีน พบว่า สามารถใช้เกลือโพแทสเซียมได้สูงถึงร้อยละ 85 ร่วมกับอาร์จินีนร้อยละ 15 โดยผู้บริโภคให้การยอมรับไม่แตกต่างจากเกลือโซเดียม (Waimeleongora Ek, 2006) ทั้งนี้รูปแบบของ

การใช้สารธรรมชาติเป็นสารลดเกลือมีเพิ่มมากขึ้น เพราะมีความปลอดภัยสูงกว่า อย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ปรุงรสความเค็มต่ำ จากการวิจัยของภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง ม.เกษตรศาสตร์ โดยใช้เศษเหลือของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่ากระป๋องเป็นวัตถุดิบผลิตเครื่องปรุงรสความเค็มต่ำ เพิ่มทางเลือกการปรุงรสชาติอาหารใช้ทดแทนน้ำปลาแต่ให้ปริมาณโซเดียมต่ำ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นในปริมาณสูง ผลิตจากการหมักไส้ปลาและอวัยวะภายในของปลาทูน่า ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ได้จากเศษเหลือของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปปลาทูน่ากระป๋อง เพื่อผลิตเป็นเครื่องปรุงรสอาหารเพิ่มความกลมกล่อมเนื่องจากไส้ปลาและอวัยวะภายในปลาทูน่าเป็นแหล่งของเอนไซม์และโปรตีนโดยเฉพาะ กรดกลูตามิก อีกทั้งมีปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกายในปริมาณที่สูง เมื่อนำมาหมักในสภาวะที่เหมาะสมโดยการควบคุมอุณหภูมิ ใช้เวลาในการหมัก 5 วัน และไม่ใช้เกลือ ทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และทดสอบลักษณะทางประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณเกลือร้อยละ 1.88 $\pm$ 0.04 คุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วย โปรตีน ร้อยละ 21.07 ไขมัน ร้อยละ 0.14 และมีกรดอะมิโนจำเป็นอย่างครบถ้วน มีอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ 12 เดือน สามารถเพิ่มรสชาติอาหารให้กลมกล่อม และไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (จีรภา และณิชาภัทร, 2561)

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระในร่างกายสิ่งมีชีวิต ทำหน้าที่ในการควบคุมอนุมูลอิสระให้อยู่ในระดับที่สมดุล แต่หากมีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมากเกินกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้หมด อนุมูลอิสระนั้นจะทำอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อของร่างกาย จนอาจนำไปสู่ความผิดปกติหรือพยาธิสภาพหลายอย่าง เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรคพาร์กินสัน โรคอัลไซเมอร์ ไขข้ออักเสบ และต้อกระจก ฯ (Ames *et.al,*1993) ทั้งนี้การศึกษาพบว่า สารประกอบกลุ่มแทนนิน (tannins) หรือกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) สามารถออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดี โดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล มีบทบาทสำคัญในการดักจับอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ (Van Acker *et.al,* 2000)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบตามธรรมชาติในพืชหลายชนิด ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโต สารประกอบฟีนอล มีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพคือ มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถละลายได้ในน้ำ สารประกอบฟีนอลที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ ซึ่งประโยชน์ของสารประกอบฟีนอลิกต่อสุขภาพ ได้แก่ การเป็นที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านการกลายพันธุ์ มีความสามารถการป้องกันโรคต่างๆ โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด และมะเร็ง โดยสารประกอบฟีนอล จะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ โดยใช้ตัวเองเป็นตัวรับอนุมูลอิสระทำให้ยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ ที่มีอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุ แต่สารต้านอนุมูลอิสระจะถูกทำลายไปด้วย สารประกอบฟินอลิก สามารถละลายน้ำได้ ทำให้สารประกอบฟินอลิก ยังทำหน้าที่ทั้งเป็นสารให้อิเล็กตรอน หรือเป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยหน้าที่ต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Halliwell *et al*., 1987)

วิธีการวิเคราะห์กิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระ

การตรวจวัดกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระทำได้หลายวิธี การวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนิยมใช้ 2 วิธีขึ้นไป เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิผลของการวิเคราะห์ (ประสาร, 2547) ได้แก่

1. วิธี DPPH assay (Leong and Shui, 2002)

DPPH เป็นอนุมูลอิสระที่เสถียรและมีสีม่วง มีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง 515-517 nm เมื่ออนุมูลอิสระ DPPH ได้รับอิเล็กตรอนจะกลับคืนสู่สภาพปกติซึ่งมีสีเหลือง DPPH เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการประเมินกิจกรรมของสานต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดที่มีคุณสมบัติในการจับอนุมูลอิสระที่ถูกกระตุ้นด้วย Chain-breaking mechanism เช่น สารประกอบ ฟีนอลิคและวิตามินซี (Niki, 1987; Lu *et,al*., 2000) นิยมใช้วิธีกันมาก เนื่องจากความคงตัวของ DPPH ทำให้สามารถวิเคราะห์ผลได้ อีกทั้งใช้เวลาน้อยในการทดลอง (ประสาร, 2547)

2. วิธี ABTS assay (Rice-Evans, 1999)

ABTS assay เป็นวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ โดยใช้รีเอเจนท์ (reagent) คือ 2, 2' –Azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) เมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายสีเขียวอ่อน เมื่อทำให้เกิดเป็นอนุมูลเสถียร (stable radical) ในตัวทำละลายน้ำ สารละลายจะมีสีเขียวเข้มของ $ABTS^{+}$ ซึ่งดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 414 นาโนเมตร รองลงมาคือ ความยาวคลื่น 645, 734 และ 815 นาโนเมตร การทดลองจะวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร เพราะปฏิกิริยาจะถูกรบกวนจากภาวะต่างๆ น้อยมาก ถ้าสารตัวอย่างที่ทดสอบมีความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระได้สูง ความเข้มของสีเขียวจะลดลง โดยรายงานผลการทดลองเป็นค่า IC_{50} ซึ่งหมายถึง ปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่ทำให้ความเข้มข้นของ ABTS เหลืออยู่ 50% หรือรายงานผลโดยเปรียบเทียบหาความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกับสารต้านอนุมูลอิสระมาตรฐาน

ความสำคัญ ที่มาและวัตถุประสงค์

ปัจจุบันประชากรในประเทศไทยมีการเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลโรคเรื้อรังเพิ่มสูงขึ้นต่อเนื่องทุกปี ทำให้ประชาชนหันมาสนใจในการดูแลร่างกายด้วยการรับประทานอาหารเพื่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ความพยายามเพิ่มคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน โดยวิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การป้องกันโรค ด้วยการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพควบคู่ไปกับคุณค่าทางสารอาหาร ทั้งนี้คนไทยได้รับปริมาณโซเดียมจากเครื่องปรุงรสเฉลี่ยสูงถึง 12,000 มิลลิกรัมต่อคน ต่อวัน (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2552) ปริมาณดังกล่าวสูงกว่าปริมาณเกลือสูงสุดที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้รับประทานคือไม่เกิน 6 กรัมต่อวัน คิดเป็นปริมาณโซเดียมประมาณ 2,000 มิลลิกรัม การบริโภคโซเดียมในปริมาณสูงมีผลก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ส่วนประกอบในผงปรุงรส แบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ เกลือ (ร้อยละ 26-42) ผงชูรส (บางยี่ห้ออาจสูงถึงร้อยละ 32 แต่ส่วนใหญ่มีอยู่ร้อยละ 11-18) เนื้อสัตว์อบแห้ง (ร้อยละ 10-16) และส่วนผสมอื่นๆ เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้ที่ผู้ผลิตแนะนำ ในกระบวนการผลิตผงปรุงรสจะใช้เกลือบริโภคหรือเกลือโซเดียม (sodium chloride, NaCl) เพื่อเพิ่มรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2553) การหาแนวทางในการผลิตผงปรุงรสเพื่อเพิ่มรสชาติอาหารให้อร่อยคงเดิม แต่ลดปริมาณเกลือโซเดียม หรือผงชูรสใน

ผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีการวิจัยอย่างแพร่หลาย

การใช้สาหร่ายเป็นอีกหนึ่งประเด็นที่น่าติดตาม ทั้งนี้สาหร่ายสวนใหญ่จะมีกรดอะมิโนกลูตาเมต ซึ่งให้รสชาติอร่อย เพราะมีโครงสร้างเช่นเดียวกับ โมโนโซเดียมกลูตาเมตในผงชูรส จึงมีการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายในการเป็นสารปรุงรส เช่น สาหร่ายเตาประกอบด้วยโปรตีน 18.63% ไขมัน 5.21% คาร์โบไฮเดรต 56.31% เส้นใย 7.66% เถ้า 11.78% กรดอะมิโน Leucine และ Alanine แร่ธาตุ วิตามิน และมีรงควัตถุหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ เอ และบี เบต้าแคโรทีน และแซนโทฟิล (ยุวดี และคณะ, 2549) สาหร่ายชนิดนี้มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนกลูตาเมต 12.97 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ยุวดี, 2535) กลูตาเมตในอาหารทำหน้าที่ให้รสชาติที่ชื่อว่า รสอูมามิ หรือรสอร่อยกลมกล่อม ทั้งนี้สารที่ให้รสอูมามิสามารถส่งเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Kremer *et al*., 2009) จึงมีการใช้สาหร่ายนี้ในผลิตภัณฑ์ปรุงรส

ในแถบจังหวัดอันดามัน โดยเฉพาะจังหวัดกระบี่ มีสาหร่ายน้ำจืดกินได้ ที่น่าสนใจได้แก่ สาหร่ายก้ามกุ้งซึ่งมีสารอาหารต่อน้ำหนักแห้ง ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 14.15, 24.95, 19.55, 2.54, 7.29 และ 38.82 ตามลำดับ เป็นที่น่าสนใจว่าสาหร่ายชนิดนี้มีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโน พบว่ามีกรดอะมิโนทั้งสิ้น 20 ชนิด ได้แก่ อาร์จินีน ฮีสติดีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมทไธโอนีน ฟีนิลอะลานีน ทรีโอนีน ทริปโตเฟน วาลีน อะลานีน กรดแอสพาติก กรดกลูตามิก ไกลซีน โพรลีน เซรีน ไทโรซีน ซีสตีน กลูตามีน และ ไฮดรอกซีโพรลีน และสัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็น เท่ากับ 1.63 เท่า ขณะที่ปริมาณกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 3 สูงกว่ากรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า 6 ถึงประมาณ 4 เท่า มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอและแคโรทีนอยด์ เท่ากับ 2.931$\pm$0.16 และ 0.408$\pm$0.04 มก/ก. น้ำหนักแห้ง ส่วนแร่ธาตุในสาหร่ายนี้มีปริมาณแร่ธาตุที่สำคัญในปริมาณสูงมาก ได้แก่ แคลเซียม โพแทสเซียม แมงกานีส และธาตุเหล็ก

ชาวประมงพื้นบ้านของชุมชนบ้านฉางหลาง ตำบลไม้ฝาด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ประกอบอาชีพการประมง ได้แก่ การทำประมงพื้นบ้าน จับปลา หาปู ผลผลิตหรือสินค้าที่สำคัญของกลุ่มซึ่งสร้างรายได้ให้ทางกลุ่มได้เป็นอย่างดี ได้แก่ ปูม้า ทางกลุ่มได้จัดจำหน่ายทั้งรูปแบบปูสดและปูแกะเนื้อ ในกระบวนการทำปูแกะเนื้อ จะเน้นส่งขายเป็นหลัก เพราะสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าปูสด ทำให้กลุ่มนิยมผลิตปูแกะเนื้อมากกว่าส่งขายปูสด การผลิตปูแกะเนื้อจะนำปูสดมาต้มในน้ำเดือดด้วยเวลารวดเร็ว ก่อนการนำไปแกะและบรรจุภัณฑ์ ซึ่งคณะผู้วิจัยสังเกตเห็นว่า ในน้ำต้มปูมีกลิ่นหอมและมีรสเค็มตามธรรมชาติ ที่สำคัญในส่วนน้ำต้มจะเห็นว่ามีสารอาหารที่อาจละลายออกจากตัวปูต้มลงมาในน้ำ ซึ่งอาจเป็นโปรตีน ไขมัน หรืออื่นๆ ในส่วนของน้ำที่ผ่านการต้มปูม้าแล้ว จะไม่ได้ใช้ประโยชน์อื่นใดนอกจากทิ้งลงสู่แหล่งพื้นดินและน้ำในธรรมชาติ ซึ่งของเสียเหล่านี้ส่งผลต่อชุมชน เพราะกลิ่นที่ปรากฏจะดึงดูดให้แมลงต่างๆ โดยเฉพาะแมลงวัน เข้ามารบกวนจนอาจกลายเป็นแหล่งแพร่ของเชื้อโรคได้ในที่สุด ดังนั้นคณะผู้วิจัยฯ จึงมีแนวคิดในการที่จะนำน้ำต้มปูสดมาใช้ประโยชน์เพื่อหาข้อมูลเบื้องต้นในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส ได้แก่ น้ำปรุงรส ผงปรุงรสเสริมผัก เป็นต้น และนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง เนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้ให้ปริมาณโปรตีนสูง จึงสามารถนำมาพัฒนาเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรส โดยใช้สาหร่ายก้ามกุ้งเป็นสาร flavor enhancer และ bitter blocker ร่วมกับการใช้น้ำต้มปูสดเพิ่มสารอาหาร เพิ่มกลิ่นและรสชาติ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ

เพราะเป็นการนำวัสดุเศษเหลือจากการแปรรูปทางการประมงและวัตถุดิบพื้นถิ่นจากธรรมชาติมาเพิ่มมูลค่าและเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจะผลิตสารปรุงรสต้นแบบจากสาหร่ายก้ามกุ้งและน้ำต้มปู โดยศึกษาปริมาณสารอาหาร ปริมาณเกลือ ศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity เช่น ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) ในผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น คาดหวังว่าจะสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสเพื่อสุขภาพความเค็มต่ำสำหรับผู้สูงวัยในอนาคต ตอบสนองยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยด้านการพัฒนาเชิงพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาพัฒนาสูตรต้นแบบผลิตภัณฑ์สารปรุงรสจากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง 2 ชนิด
2. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ปรุงรสต้นแบบจากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง
3. ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์สารปรุงรสต้นแบบจากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้ง

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์สารปรุงรสต้นแบบจากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้ง *(C. corollina)* จำนวน 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก และ ซอสข้นปรุงรส โดยมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน ปริมาณเกลือ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (biological activity) ได้แก่ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมในผลิตภัณฑ์ หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งวิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล ดังนี้

การศึกษาเรื่องการใช้ประโยชน์จากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้งเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส มีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การเตรียมตัวอย่างสาหร่ายก้ามกุ้ง และน้ำต้มปูสด

1.1 การเตรียมตัวอย่างสาหร่ายแห้ง สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

นำสาหร่ายก้ามกุ้งสด ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง บดให้ละเอียด ด้วยเครื่อง hammer mill ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมซ จากนั้นบรรจุในถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอการนำไปแปรรูป (ภาพผนวกที่ 1-3) แบ่งสาหร่ายวิเคราะห์ดังนี้

(1) องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีของ AOAC (2000) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ (ภาพผนวกที่ 19)

1) โปรตีน โดยวิธี Kjeldahl method (AOAC, 2000)

2) ไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction method (AOAC, 2000)

3) เถ้า โดยวิธี dry ashing method (AOAC, 2000)

4) ความชื้น โดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000)

5) เยื่อใย โดยวิธี Glass crucible method (AOAC, 2000)

(2) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ โดยนำสารสกัดจากสาหร่าย ทดสอบดังนี้

1) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระโดยวิธี DPPH radical scavenging assay ดัดแปลงตามวิธีการของ Fenglin *et al.,* (2004) ตามขั้นตอนดังนี้ (ภาพผนวกที่ 20)

นำสารสกัดแต่ละชนิดในเมทานอลที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน ปริมาตร 100 ไมโครลิตรแล้วเติมสารละลาย 1 mM DPPH ในเมทานอลปริมาตร 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้เมทานอล แทนสารสกัดเป็น blank และสารละลาย 10 mM ascorbic acid เป็น positive control ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดักจับอนุมูลอิสระ DPPH° จากสมการ

$$\% \text{ scavenging} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$$

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

จากนั้นคำนวณหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถดักจับอนุมูลอิสระ DPPH° ได้ 50 เปอร์เซ็นต์) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % scavenging กับความเข้มข้นของสารละลาย

2) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระโดยวิธี ABTS assay ดัดแปลงตามวิธีการของ Rice-Evans (1999) ตามขั้นตอนดังนี้ (ภาพผนวกที่ 20)

เตรียมสารละลาย $ABTS^+$ จากการผสม 7 mM ABTS กับ 2.45 mM potassium persulfate ($K_2S_2O_8$) ในอัตราส่วน 1:1 แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จากนั้นเจือจาง $ABTS^+$ ด้วยน้ำกลั่น บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จนได้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.7±0.02 เตรียมสารละลาย ascorbic acid ที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 µg/ml จากนั้นปิเปตสารละลาย ascorbic แต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 20 µl ผสมกับสารละลาย $ABTS^+$ ปริมาตร 180 µl ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที แล้วนำไปบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าที่ได้มาหาค่า IC_{50} จากกราฟของการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง ABTS cation radical ที่ได้จากสมการต่อไปนี้

$$\%\text{Inhibition} = \left[\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{contro}}\right] \times 100$$

เมื่อ $A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหรือสารสกัด

1.2 การเตรียมตัวอย่างสาหร่ายแห้ง สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส

นำสาหร่ายก้ามกุ้งในรูปน้ำหนักสด 5 กิโลกรัม ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา และนำมาผลิตเป็นสาหร่ายไฮโดรไลเซทโดยใช้เอนไซม์ในสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ใช้เอนไซม์ฟลาโวไซม์ เข้มข้นร้อยละ 15 มาย่อยสลายสาหร่าย โดยใช้สาหร่าย 4 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 200 มล. ปรับค่า pH เป็น 7 เตรียมเอนไซม์ในขวดรูปชมพู่ 15% อุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 10 นาที เพื่อให้เอนไซม์พร้อมทำงาน แล้วจึงเติมเอนไซม์ลงไปในขวดที่เตรียมไว้ ใช้เวลาในการย่อยเป็น 24 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อน แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ที่ 6,000 rpm นาน 15 นาที กรองของเหลวส่วนใส มาทำให้เข้มข้น จนได้ผลิตภัณฑ์ที่ลักษณะข้นเปียก ตามวิธีการของอุไรวรรณ และคณะ (2563) จากนั้นจึงนำสาหร่ายที่ผ่านการไฮโดรไลเซท ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา นาน 48 ชั่วโมง บดให้ละเอียด วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ ของสาหร่ายไฮโดรไลเซท เช่นเดียวกับ ข้อ 1.1 และนำตัวอย่างเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอการนำไปแปรรูป (ภาพผนวกที่ 4)

1.3 การเตรียมน้ำต้มปูสด สำหรับใช้ในผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด

เตรียมน้ำต้มปูม้าสด โดยการติดต่อขอความอนุเคราะห์น้ำต้มปูม้าสดจากกลุ่มชุมชนที่มีการแปรรูปปูม้าเป็นปูแกะเนื้อ ได้แก่ กลุ่มแพเอกชนแปรรูปปูม้าเป็นปูแกะเนื้อ ในพื้นที่บ้านควนตุ้งกู ต. บางสัก อ. กันตัง จ.ตรัง รวบรวมวันต่อวัน และนำมาเคี่ยวพร้อมกับการใส่สมุนไพร โดยใช้วัตถุดิบสมุนไพรปรุงรส ได้แก่ ตะไคร้ (ใช้ทั้งทั้งต้นและใบ) ใบขมิ้น ใบข่า โดยใช้สัดส่วน น้ำปูสด 10 กิโลกรัม ใช้ตะไคร้ 0.3 กก. และ ข่า (ใบ) 0.2 กก. จะทำให้มีกลิ่นหอม นำวัตถุดิบทั้งหมดใส่ในหม้อสแตนเลสเคี่ยวด้วยไฟอ่อนปานกลาง จนน้ำปูข้นหนืด หรือมีปริมาณลดลง จนได้น้ำหนัก 2 กิโลกรัม หรือใช้คุณภาพทางกายภาพเป็นเกณฑ์กำหนดเบื้องต้นก่อนนำมาแปรรูป จากนั้นเก็บในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส รอการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แปรรูปทั้งสองผลิตภัณฑ์ แบ่งบางส่วนวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ และเคมี (ภาพผนวกที่ 5-6) ดังต่อไปนี้

1.3.1 การวิเคราะห์ คุณภาพทางด้านกายภาพ

1) วัดค่าสี L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ

2) หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) โดยเครื่องวัดค่า a_w

3) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธี AOAC (2005)

4) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยวิธี AOAC (2000)

1.3.2 การวิเคราะห์ทางเคมี

1) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeidahl distillation (AOAC, 1998)

2) ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction method (AOAC, 1990)

3) ปริมาณเถ้า โดยวิธี dry ashing method (AOAC, 2000)

4) ปริมาณความชื้น โดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000)

5) วิเคราะห์ปริมาณเกลือ (% NaCl) (AOAC.1990)

2. การแปรรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส

2.1 การผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก

นำสาหร่ายก้ามกุ้ง และน้ำต้มปู จากข้อ 1 มาผลิตเป็นเครื่องปรุงรสเสริมผัก โดยใช้ผักดังนี้ มะเขือเทศ ผักหวานบ้าน ต้นกระเทียม เห็ดหอม หัวผักกาดและหอมหัวใหญ่ วัตถุดิบผักต้องนำมาล้างทำความสะอาด หั่นให้มีขนาดที่เหมาะสม สะเด็ดน้ำ จากนั้น นำวัตถุดิบทุกอย่าง ไปอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาด โดยอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง จนแห้งสนิท จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด ผสมสาหร่ายก้ามกุ้ง น้ำต้มปู และผักอบแห้ง ทั้ง 6 ชนิด เข้าด้วยกัน จะได้เครื่องปรุงรสจากผัก จากนั้นนำไปแบ่งบรรจุในถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดถุงฟอยด์ทึบ

ทั้งนี้ส่วนผสมที่นำมาใช้ในการอบแห้ง อาจใช้เวลาในการอบแห้งไม่เท่ากัน จึงต้องทำการอบแยกชนิดกัน เพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสมในการอบแห้ง ต้องล้างและตัดแต่งโดยใช้เฉพาะส่วนที่สามารถรับประทานเท่านั้น และทำการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบทุกครั้งหลังอบแห้งเสร็จ จนกระทั่งได้น้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมดคงที่ เพื่อนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาเวลาที่เหมาะสมในการการอบแห้งของของวัตถุดิบแต่ละชนิด ทำการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก โดยใช้สูตรต่างกัน จำนวน 4 สูตร (ภาพผนวกที่ 7-14) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 วัตถุดิบส่วนผสมของผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (วางแผนการทดลองแบบมิกซ์เจอร์ดีไซน์)

สูตรที่	ส่วนประกอบวัตถุดิบ		
	น้ำต้มปูข้นหนืด	สาหร่ายก้ามกุ้ง	ส่วนผสมผัก
1	50	8	25
2	60	6	25
3	70	4	25
4	80	2	25

หมายเหตุ : ที่มา ; ดัดแปลงสูตรส่วนผสมจากวิธีการของ ปวีณา (2549)

วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

เตรียมน้ำปูข้นหนืดอบแห้งโดย นำน้ำปูหนืด เติมมอลโตเดกซ์ตรินลงไป 10% ผสมให้เข้ากัน

↓

เกลี่ยน้ำปูลงบนถาด นำไปอบแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 75 °C นาน 8 ชั่วโมง บดให้ละเอียด

↓

เตรียมส่วนผสมผักโดยนำ มะเขือเทศ ผักหวานบ้าน ต้นกระเทียม เห็ดหอม หัวผักกาดและหอมหัวใหญ่ ล้างทำความสะอาด นำไปอบ ที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา10 ชั่วโมง บดให้ละเอียด

↓

เตรียมสาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง โดยนำสาหร่ายก้ามกุ้งสด ล้างทำความสะอาด แล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง บดให้ละเอียด

↓

ชั่งน้ำหนักน้ำปูข้นหนืดอบแห้ง สาหร่ายก้ามกุ้งอบแห้ง และส่วนผสมผัก ตามสูตรต่างๆ

↓

ผสมสาหร่ายก้ามกุ้ง น้ำต้มปู และส่วนผสมผัก ให้เข้าด้วยกัน

↓

ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรผงปรุงรสเสริมผัก

แผนภาพขั้นตอนการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรผงปรุงรสเสริมผัก

2.2 วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก ดังนี้

นำเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก จำนวน 4 สูตร มาวิเคราะห์หาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมี กายภาพ และ จุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ (1) วัดค่าสี L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ (2) หาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) โดยเครื่องวัดค่า a_w (3) การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธี AOAC (2005) (ภาพผนวกที่ 18)

2) การวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ (1) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeidahl distillation (AOAC, 1998) (2) ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Dietary fiber) ตามวิธี AOAC (2000) (3) ปริมาณเถ้า โดยวิธี dry ashing method (AOAC, 2000) (4) ปริมาณความชื้น โดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000) (5) ปริมาณเกลือ (% NaCl) (AOAC, 1990) (ภาพผนวกที่ 19)

3) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ (เฉพาะสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด) ได้แก่

(1) หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี Total plate count (AOAC,1998)

(2) หาปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Total plate count (AOAC, 1998)

4) การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน โดยประเมินผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก เปรียบเทียบร่วมกับผงปรุงรสผักยี่ห้อทางการค้า 1 ชนิด นำตัวอย่างผงปรุงรสสูตรเสริมผักใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อให้พิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ส่วนคะแนนในด้านรสชาติจะนำผลิตภัณฑ์ ปริมาณ 2 กรัม มาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม ผัดด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของ วรรณบดี, 2549) (ภาพผนวกที่ 14)

2.3 การผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

นำสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลเซทและน้ำต้มปู จากข้อ 1 ผลิตเครื่องปรุงรสสูตรน้ำซอส โดยใช้สูตรส่วนผสมที่ต่างกัน จำนวน 4 สูตร (ตารางที่ 2, ภาพผนวกที่ 15-17) นำผลิตภัณฑ์ไปวัดคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี, คุณภาพทางเคมี ได้แก่ pH และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม (1 คะแนน หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน หมายถึง ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจานวน 30 คน โดยประเมินผลิตภัณฑ์สาหร่ายซอสข้นปรุงรส และซอสหอยนางรมทางการค้าที่ยี่ห้อต่างกัน นำตัวอย่างซอสใส่ในถ้วยทดสอบอย่างละ 10 กรัม เพื่อให้พิจารณาความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ส่วนคะแนนในด้านรสชาติจะนำสาหร่ายซอสข้นปรุงรสปริมาณ 2 กรัม มาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม ผัดด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของ วรรณบดี, 2549) (ภาพผนวกที่ 17)

ตารางที่ 2 วัตถุดิบส่วนผสมของซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร

สูตรที่	1 (พื้นฐาน)	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
สาหร่ายไฮโดรไลเซท (กรัม)	4	6	8	10
น้ำต้มปู (กรัม)	20	30	40	50
น้ำ (กรัม)	200	200	200	200
น้ำตาลทราย (กรัม)	10.0	10.0	10.0	10.0
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	10.0	10.0	10.0	10.0
แป้งข้าวโพด (กรัม)	3.0	3.0	3.0	3.0
พริกไทยป่น (กรัม)	0.06	0.06	0.06	0.06

หมายเหตุ : ที่มา ; ดัดแปลงสูตรวิธีการจาก จิราภรณ์ (2549)
นิศานารถ และคณะ (2559)

วิธีการผลิตน้ำซอสข้นปรุงรส

ชั่งน้ำหนักน้ำปูหนืด สาหร่ายไฮโดรไลเซท และส่วนผสมต่างๆ

↓

ผสมน้ำเปล่าลงในน้ำปูหนืด คนให้เข้ากัน

↓

เติม สาหร่ายไฮโดรไลเซท ,น้ำตาลทราย , พริกไทยป่น และตั้งไฟอ่อน กวนจนน้ำตาลละลาย

↓

เตรียมส่วนผสมแป้ง โดยเติมน้ำเปล่า ลงในส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพด กวนให้เข้ากัน

↓

ค่อยๆเติมส่วนผสมแป้งลงไป กวนให้เข้ากัน ประมาณ 5 นาที หรือจนได้น้ำซอสข้นหนืด

↓

บรรจุขวดแก้วที่ต้มด้วยน้ำเดือด ขณะร้อน ปิดฝาทันที แล้วแช่ในน้ำเย็น ประมาณ 30 นาที

↓

ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

แผนภาพขั้นตอนการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

2.4 วิเคราะห์คุณภาพของซอสข้นปรุงรส ดังนี้

นำซอสข้นปรุงรส จำนวน 4 สูตร วิเคราะห์หาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทางเคมีกายภาพ และ จุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

1) การวิเคราะห์ คุณภาพทางด้านกายภาพ ได้แก่ (1) วัดค่าสี L*, a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ (2) ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) โดยเครื่องวัดค่า a_w (3) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธี AOAC (2005) (4) ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยวิธี AOAC (2000) (ภาพผนวกที่ 18)

2) การวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ (1) ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeidahl distillation (AOAC, 1998) (2) ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Dietary fiber) ตามวิธี AOAC (2000) (3) ปริมาณเถ้า โดยวิธี dry ashing method (AOAC, 2000) (4) ปริมาณความชื้น โดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000) (5) ปริมาณเกลือ (% NaCl) (AOAC, 1990) (ภาพผนวกที่ 19)

3) วิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ (เฉพาะสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด) ได้แก่
(1) หาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี MPN (AOAC, 1998)
(2) หาปริมาณยีสต์และรา โดยวิธี Total plate count (AOAC, 1998)

2.5 ศึกษามูลค่าเพิ่มจากต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสและซอสข้นปรุงรสต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม และนำมาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของเครื่องปรุงรสทั้งสองชนิด ดังนี้

ต้นทุนการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก = ค่าสาหร่าย + ค่าน้ำต้มปู + ค่าวัตถุดิบแปรรูป (คิดเฉพาะต้นทุนผันแปร) + ค่าบรรจุภัณฑ์ + อื่นๆ

ต้นทุนการผลิตสาหร่ายซอสข้นปรุงรส = ค่าสาหร่าย + ค่าน้ำต้มปู + ค่าบรรจุภัณฑ์ (คิดเฉพาะต้นทุนผันแปร) + ค่าวัตถุดิบแปรรูป + อื่นๆ

กำไรเบื้องต้น = รายได้ – ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสด

$$\text{ผลตอบแทนการลงทุน} = \frac{\text{กำไรเบื้องต้น} \times 100}{\text{ต้นทุนทั้งหมด}}$$

2.6 การถ่ายทอดเทคโนโลยีและมีส่วนร่วมของชุมชน

สืบเนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ส่งผลต่อวิธีการถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบเดิม ที่ชุมชนผู้รับบริการขาดความพร้อมในการเข้าร่วมกิจกรรม เนื่องจากข้อกำหนดกฎเกณฑ์ในการเฝ้าระวังและป้องกันตามประกาศฯ จึงทำให้รูปแบบของการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อนำผลผลิตจากการวิจัยได้แก่ ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก และสาหร่ายซอสข้นปรุงรส เปลี่ยนแปลงเป็นการนำเสนอผลงานวิจัยแบบออนไลน์ โดยการนำเสนอบทความวิจัยระดับชาติประจำปี 2565 เรื่องการพัฒนาผลิตซอสปรุงรสจากน้ำต้มปูทะเลข้นหนืดผสมสาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์ ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2565 และ ฝึกอบรมให้ผู้ที่สนใจได้แก่ การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การผลิตผงปรุงรส และน้ำซอสข้น แก่ นักศึกษาสาขาอุตสาหกรรมอาหาร ในวันที่ 2 สิงหาคม 2565 (ภาพผนวกที่ 21) ณ อาคารปฏิบัติการแปรรูปของสาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง มทร.ศรีวิชัย วข. ตรัง รวมทั้งจัดทำเป็นเอกสารแผ่นพับมอบให้กับชุมชนที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ

2.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลระหว่าง treatment ด้วยวิธี Duncan’s New multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.8 สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการชีวเคมี สาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ และอาคารแปรรูป สาขาอุตสาหกรรมอาหารและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง อ. สิเกา จ.ตรัง ในปีงบประมาณ 2564

ผลการวิจัยและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้ง

เมื่อนำสาหร่ายก้ามกุ้งต้นอ่อนที่เก็บตัวอย่างในตำบลห้วยยูง อำเภอเหนือคลอง จ.กระบี่ (รูปที่ 2 ก) ล้างทำความสะอาด และอบแห้ง บดละเอียด (รูปที่ 2 ข) และสาหร่ายไฮโดรไลเซท (รูปที่ 2 ค) วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เยื่อใย และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ A.O.A.C., (2000) ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 3 พบว่า เมื่อนำสาหร่ายสดที่ความชื้นร้อยละ 87.57 มาอบแห้งจะเหลือความชื้นร้อยละ 12.72 ซึ่งสามารถลดความชื้นในสาหร่ายลงจากเดิมประมาณ 10 เท่า ส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยปริมาณเถ้าในสาหร่ายสดและแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.45 และ 13.74 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายสดและแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 5.28 และ 22.09 ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า ปริมาณไขมันในสาหร่ายสดและแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.65 และ 5.65 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นประมาณ 8.7 เท่า ส่วนปริมาณเยื่อใยในสาหร่ายสดและแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.31 และ 24.04 ตามลำดับ เพิ่มขึ้นประมาณ 10 เท่า ทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีค่าเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 10 ด้วยเช่นกัน เมื่อนำสาหร่ายสดไปทำการไฮโดรไลเซท พบว่าปริมาณความชื้นมีค่าระหว่างร้อยละ 87.49-87.57 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายไฮโดรไลเซท (ร้อยละ 7.69) มีค่าสูงกว่าสาหร่ายสด ปริมาณเถ้า เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณไขมันในสาหร่ายไฮโดรไลเซทมีค่าต่ำกว่าสาหร่ายสด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสาหร่ายก้ามกุ้งมีคุณค่าทางโภชนาการ เพราะมีปริมาณโปรตีนและเยื่อใยสูง ส่วนไขมันต่ำ มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน เหมาะสำหรับการทำเป็นเมนูอาหารสุขภาพ ใกล้เคียงกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในสาหร่ายก้ามกุ้งแก่จัดที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่อำเภอคลองท่อม จ.กระบี่ ของ อุไรวรรณ และคณะ (2563) ที่ค่าความชื้นร้อยละ 12.04 มีปริมาณเถ้า ไขมัน โปรตีน เยื่อใย และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 25.39 2.32 18.76 10.77 และ 41.47 ตามลำดับ ทั้งนี้อยู่ในช่วงของปริมาณสารอาหารที่รายงานในเอกสารวิชาการกล่าวว่า ปริมาณไขมันในสาหร่าย มีค่าอยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 1-8 ของน้ำหนักแห้ง สาหร่ายสีเขียวจะมีปริมาณไขมันสูงกว่าสาหร่ายสีแดงและสาหร่ายสีน้ำตาล (Rohani-Ghadikolaei *et al.,* 2012) ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายมีค่าประมาณร้อยละ 1-25 ของน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรตในสาหร่ายมีค่าร้อยละ 4-80 ของน้ำหนักแห้ง ขึ้นกับชนิดของสาหร่ายซึ่งปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่พบในสาหร่ายพวงองุ่น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 12.80-59.27 ของน้ำหนักแห้ง จากการทดลองนี้ บ่งชี้ว่าการไฮโดรไลเซทไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเยื่อใยในสาหร่ายก้ามกุ้ง แต่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของโปรตีนและการลดลงของไขมัน ซึ่งสุณิสา และคณะ (2561) ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเศษเหลือส่วนหัวและหนังของปลาดุกบิ๊กอุยสดก่อนการย่อยด้วยเอนไซม์ และโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ได้หลังจากการย่อยด้วยเอนไซม์ พบว่า ปริมาณโปรตีนในโปรตีนไฮโดรไลเซทสูงกว่าในเศษปลาสด ขณะที่ปริมาณไขมันในโปรตีนไฮโดรไลเซทมีค่าต่ำกว่าเศษปลาสด อาจมีผลจากกระบวนการย่อยสลายด้วยจะเกิดการรวมกันของเมมเบรนเกิดเป็นเวสิเคลที่ไม่ละลายน้ำจึงสามารถถูกแยกออกจากโปรตีนไฮโดรไลเซทที่มีความสามารถในการละลายน้ำในขั้นตอนของการหมุนเหวี่ยง อีกทั้งมีรายงานกล่าวว่าปริมาณสารชีวเคมีภายในเนื้อเยื่อของสาหร่ายมีการผันแปรตามช่วงเวลาของการเติบโต จากการทดลองนี้ พบว่าโปรตีนและเยื่อใยในสาหร่าย จัดเป็นสารอาหารที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ

อีกทั้งโปรตีนในสาหร่ายมักจะอุดมไปด้วยกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน เหมาะในการนำไปใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพและลดน้ำหนัก

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 2 สาหร่ายก้ามกุ้ง **(ก)** สาหร่ายสด **(ข)** สาหร่ายอบแห้ง **(ค)** สาหร่ายไฮโดรไลเซท

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งสด สาหร่ายอบแห้ง และสาหร่ายไฮโดรไลเซท

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง	สาหร่าย ไฮโดรไลเซท
ความชื้น	87.57±0.06^{a}	12.72±0.66^{b}	87.49±0.14^{a}
เถ้า	3.45±0.31^{b}	13.74±0.39^{a}	3.58±0.31^{b}
โปรตีน	5.28±0.24^{c}	22.09±0.43^{a}	7.69±0.18^{b}
ไขมัน	0.65±0.38^{b}	5.65±0.30^{a}	0.39±0.08^{c}
เยื่อใย	2.31±0.01^{b}	24.04±0.99^{a}	1.68±0.38^{b}
คาร์โบไฮเดรต	3.05±0.05^{b}	45.80±0.31^{a}	2.85±0.32^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายก้ามกุ้ง

เมื่อนำสาหร่ายสดมาไฮโดรไลซ์ด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ ผลิตเป็นสาหร่ายไฮโดรไลเซท โดยใช้เอนไซม์ฟลาโวไซม์ร้อยละ 15 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนได้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะข้นเปียก นำไปอบแห้ง จากนั้นนำสาหร่ายทั้ง 3 สภาวะได้แก่ สาหร่ายสด สาหร่ายอบแห้งและสาหร่ายไฮโดรไลเซท วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ตารางที่ 4) กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ตรวจสอบโดยวิธี DPPH radical scavenging assay รายงานผลในหน่วยค่าความเข้มข้นที่ให้ผลต้านออกซิเดชันครึ่งหนึ่ง (IC_{50}) ผลการทดลองพบว่า สาหร่ายไฮโดรไลเซทแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.7138 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร รองลงมาได้แก่ สาหร่ายสด และสาหร่ายอบแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับการตรวจสอบการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS assay พบว่าสาหร่ายไฮโดรไลเซทแสดงฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.1573 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายไฮโดรไลเซทสูงกว่าในสาหร่ายสดประมาณ 3 เท่า ขณะที่ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสาหร่ายแห้งให้ค่าต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การทดลองครั้งนี้ให้ค่าที่ดีกว่าการวิเคราะห์ในสาหร่ายสไปรูลินา ซึ่งมีค่า IC_{50}

อยู่ในช่วง 0.552-2.045 mg/ml (รจนา และคณะ, 2550) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารพฤกษเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งที่สกัดด้วยเมทานอล มีค่า IC_{50} ในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 0.774 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS มีค่าเท่ากับ 4.074 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (วรรณิณี และคณะ, 2563) พบว่าค่าจากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น อายุเก็บเกี่ยวสาหร่าย พื้นที่และฤดูกาลเก็บตัวอย่าง วิธีการสกัดตัวอย่าง ส่วนงานวิจัยของ Betty *et. al*, (2014) รายงานว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระจะเพิ่มตามความสามารถในการละลายและระดับการย่อยสลาย ทั้งนี้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เนื่อง มาจากโปรตีนไฮโดรไลเซทที่ผลิตได้มีกรดอะมิโนที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในปริมาณแตกต่างกัน เช่น ฮีสทิดีน ลิวซีน ไทโรซีน เมทไทโอนีน และซีสเทอีน เป็นต้น

ตารางที่ 4 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS ของสาหร่ายก้ามกุ้งทั้ง 3 สภาวะ

ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ (IC_{50}) (mg/ml)	สาหร่ายสด	สาหร่ายแห้ง	สาหร่ายไฮโดรไลเซท
DPPH Assay	0.8615 ± 0.0056^{b}	1.3889 ± 0.0355^{c}	0.7138 ± 0.0126^{a}
ABTS Assay	0.4362 ± 0.0024^{b}	1.4820 ± 0.0818^{c}	0.1573 ± 0.0192^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

คุณภาพทางเคมีและกายภาพของน้ำต้มปูข้นหนืด

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของน้ำต้มปูข้นหนืดได้ผลดังตารางที่ 5 พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ หรือวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) คือ 0.56 ส่วนค่าสี ที่แสดงค่าความสว่าง (ค่า L* เท่ากับ 100) หากเป็นสีดำ (ค่า L* เท่ากับ 0) ค่า a* เป็นค่าแสดงสีแดง (ค่า a* เป็น +) และสีเขียว (ค่า a* เป็น -) ส่วนค่า b* เป็นค่าของสีเหลือง (ค่า b* เป็น +) และสีน้ำเงิน (ค่า b* เป็น -) จากผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำต้มปูข้นหนืด มีค่า L* คือ 9.52 ค่า a* คือ 4.10 ค่า b* คือ 2.10 โดยสีของน้ำปูข้นหนืด มีลักษณะเป็นสีโทนน้ำตาลเข้ม

เมื่อทำการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด แสดงผลในตารางที่ 6 พบว่า น้ำปูข้นหนืดมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.86 ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 73.59 และปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 78.90 จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่าจากมาตรฐานของซอสหอยนางรม (มอก., 2538) ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ เพราะมีค่าคุณภาพเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ปริมาณเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ไม่เกินร้อยละ 13 ค่า pH ไม่น้อยกว่า 4.4 ทั้งนี้มีเพียงปริมาณเกลือที่ให้ค่าสูงกว่าที่กำหนดเพราะเป็นวัตถุดิบเคี่ยวข้นหนืด

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพของน้ำต้มปูข้นหนืด

คุณภาพทางกายภาพ	น้ำต้มปูเคี่ยวข้น
ค่าสี *L**	9.52±0.02
ค่าสี *a**	4.10±0.04
ค่าสี *b**	2.10±0.06
วอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.56±0.00

ตารางที่ 6 คุณภาพทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด

คุณภาพทางเคมี	น้ำต้มปูเคี่ยวข้น
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.86±0.04
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	78.90±0.11
ปริมาณเกลือ (%)	73.59±1.07

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด

องค์ประกอบทางเคมีในน้ำต้มปูข้นหนืด ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7 พบว่า น้ำปูข้นหนืด มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 21.10, 43.08, 2.24, 32.05 และ 1.53 ตามลำดับ โดยปริมาณโปรตีนและเถ้ามีค่าสูง ส่วนไขมันมีปริมาณต่ำ ซึ่งจัดเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางสารอาหาร เหมาะในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำต้มปูข้นหนืด

องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)	น้ำต้มปูเคี่ยวข้น
โปรตีน	43.08±0.68
ไขมัน	2.24±0.07
เถ้า	32.05±1.45
ความชื้น	21.10±0.11
คาร์โบไฮเดรต	1.53±0.15

ในน้ำปูข้นหนืดที่ความชื้นร้อยละ 21 มีปริมาณโปรตีนและเถ้าสูง (ร้อยละ43 และ 32 ตามลำดับ) มีไขมันต่ำ ขณะที่สาหร่ายไฮโดรไลเซท จะมีปริมาณสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีความเหมาะสมในการจะนำมาผลิตน้ำซอสปรุงรสที่น่าจะเพิ่มปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์ได้ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดให้ซอสปรุงรส มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 12

การแปรรูปผลิตภัณฑ์

การผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก

เครื่องปรุงรสอาหาร สามารถผลิตและพัฒนาได้จากผักอบแห้งบดละเอียด จัดเป็นวัตถุดิบธรรมชาติ ใช้วิธีการขั้นตอนผลิตที่ไม่ยุ่งยาก เพื่อทดแทนผงชูรส ซึ่งผักบางชนิดนอกจากเพิ่มรสชาติให้อาหารแล้ว ยังเป็นประโยชน์และปลอดภัยต่อผู้บริโภคอีกด้วย จากการสร้างสูตรเครื่องปรุงรสจากสาหร่ายก้ามกุ้งและน้ำปูทะเลข้นหนืดมีการใช้ผักเป็นวัตถุดิบเครื่องปรุงรสด้วย ดังแสดงในตารางที่ 8 พบว่า ส่วนผสมผักในเครื่องปรุงรส ได้แก่ มะเขือเทศ ผักหวานบ้าน ต้นกระเทียม เห็ดหอม หอมหัวใหญ่ และหัวผักกาด ถูกเตรียมให้อยู่ในรูปผงอบแห้ง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (10 + 1องศาเซลเซียส) มีการเตรียมผักอบแห้ง โดยการอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิในช่วงระหว่าง 65 – 75 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอบแตกต่างกันตามชนิด และลักษณะกายภาพของผัก อยู่ในช่วงระว่าง 3 – 26 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ หรือค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) ในส่วนผสมผักหลังอบแห้งบดละเอียด พบว่า มะเขือเทศ ต้นกระเทียม หอมหัวใหญ่ และหัวผักกาด มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ อยู่ในช่วง 0.33 - 0.40 ส่วนเห็ดหอมและผักหวานบ้าน มีค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ เท่ากับ 0.47 และ 0.54 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความปลอดภัยในการบริโภคจากเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ผงผักที่มีค่า a_w น้อยกว่า 0.4 จะมีความปลอดภัย เพราะเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้ค่าที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.4 และแม้ว่า เห็ดหอม กับ ผักหวานบ้าน จะมีค่า a_w สูงกว่า 0.4 แต่มีการนำมาใช้เป็นส่วนผสมเครื่องปรุงรสในปริมาณน้อย และก่อนการนำมาผลิตผงปรุงรสจะมีการเก็บผงผักแห้งไว้ในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ และเก็บที่อุณหภูมิต่ำ โดยการทดลองของ Giovanelli *et al*. (2002) ทำให้ทราบว่าถ้าต้องการเก็บเครื่องปรุงรสจากผักที่มีความชื้นร้อยละ 10 ให้มีความชื้นคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต้องเก็บรักษาให้มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 33 ที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำ เพื่อรักษาคุณภาพของเครื่องปรุงรสจากผักให้ความชื้นคงที่ ลดการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวกับเอนไซม์ และชะลอการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค (Debath *et al*., 2002)

ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

องค์ประกอบทางเคมีในผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในผงปรุงรสสูตรเสริมผักทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 9) ซึ่งใช้วัตถุดิบในการผลิตหลัก ได้แก่ สาหร่ายไฮโดรไลเซท น้ำปูทะเลข้นหนืด และส่วนผสมผงผัก พบว่า ที่ค่าความชื้นร้อยละ 10 ผงปรุงรสสูตรที่ 3 มีค่าปริมาณโปรตีนและปริมาณเกลือสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 34.45 และ 69.23 ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณเส้นใยทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 2.05 ส่วนปริมาณเถ้ามีค่า เท่ากับร้อยละ 27.96 ไม่แตกต่างจากสูตรที่ 1, 2, 4 เมื่อพิจารณาผงปรุงรสสูตรเสริมผัก สูตรที่ 1 ซึ่งมีปริมาณเส้นใยทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.74 แต่มีปริมาณโปรตีน และเกลือต่ำกว่าสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 31.94 และ 64.11 ตามลำดับ ส่วนเถ้ามีค่าเท่ากับร้อยละ 29.32 ทั้งนี้สูตรที่ 4 จะมีปริมาณโปรตีนต่ำสุด (ร้อยละ 30.68) ปริมาณเกลือในสูตรที่ 1, 2 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วงร้อยละ 64.11 – 65.08 หากพิจารณาสูตรผงปรุงรสที่ได้จากสาหร่ายและน้ำปูข้นหนืด จะได้ว่าสูตรที่เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงรส ได้แก่ สูตรที่ 2 รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3, 1, และ 4 แม้ว่าจะมีโปรตีนต่ำกว่าสูตรที่ 3 แต่ปริมาณเส้นใย และเถ้ามีค่าสูงกว่า รวมถึง

ปริมาณเกลือยังมีค่าต่ำกว่าด้วย ค่าที่ได้แตกต่างจากงานวิจัยของ เกริกชัย (2552) ในการสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผงผักปรุงรสโรยข้าวแคลเซียมสูงจากไข่น้ำ โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ (น้ำหนักสุทธิ 100 กรัม) พบว่ามีคาร์โบไฮเดรต 31.57% โปรตีน 29.35% ไขมัน 25.40% ใยอาหาร 8.56% เถ้า 9.98% ความชื้น 3.70% และปวีณา (2549) พัฒนาเครื่องปรุงรสจากผัก พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผัก มีค่าความชื้น 9.58% เถ้า 0.86% โปรตีน 6.68% เส้นใยอาหาร 20.91% ซึ่งเส้นใยจะให้ค่าสูงกว่าการทดลองครั้งนี้ เพราะสูตรการผลิตมีวัตถุดิบที่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากลำไย พบว่า ผงปรุงรสมีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ ร้อยละ 2.89, 12.50, 3.09, 22.72 และ 55.80 ตามลำดับ (นรินทร์, 2561)

ตารางที่ 8 อุณหภูมิการอบ ระยะเวลาการอบ ปริมาณค่า a_w และอัตราส่วนผสมต่อ 100 กรัม ของส่วนผสมผักในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก

ส่วนผสมผัก	อุณหภูมิการอบ(°C)	ระยะเวลาการอบ(ชั่วโมง)	ปริมาณค่า a_w	อัตราส่วนผสมต่อ 100 กรัม (ร้อยละ)
มะเขือเทศ	75	26	0.33±0.004	31.58
ผักหวานบ้าน	65	3	0.54±0.004	10.72
ต้นกระเทียม	65	13	0.40±0.007	11.42
เห็ดหอม	75	23	0.47±0.001	10.82
หอมหัวใหญ่	75	23	0.36±0.004	11.92
หัวผักกาด	75	23	0.38±0.004	23.56

ตารางที่ 9 องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์ ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

คุณภาพทางด้านเคมี (ร้อยละ)	เครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
โปรตีน	31.94±0.84^{b}	32.89±0.31^{b}	34.45±0.50^{a}	30.68±0.43^{c}
เส้นใย	3.74±0.17^{a}	2.50±0.06^{b}	2.05±0.04^{c}	2.48±0.10^{b}
เถ้า	29.32±1.23	28.12±0.09	27.96±0.80	28.14±1.13
เกลือ	64.11±0.42^{b}	64.84±0.42^{b}	69.23±0.84^{a}	65.08±0.73^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพในผงปรุงรสสูตรเสริมผักทั้ง 4 สูตร ได้แก่ ค่าสี ค่าปริมาณน้ำอิสระ และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ดังแสดงในตารางที่ 10 พบว่า ค่าสี L* a* b* ของผงปรุงรสจากน้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้ง ทั้ง 4 สูตร มีค่าต่างกัน อาจขึ้นอยู่กับสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้แต่ละสูตรแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดที่มากขึ้น โดยสูตรที่

1 มีค่าความสว่างมากที่สุด มีค่า L* คือ 8.87 ค่า a* คือ 1.26 ค่า b* คือ 3.03 ส่วนสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าความสว่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งค่า L* อยู่ในช่วงระหว่าง 7.78 – 7.98 สำหรับค่าสีแดง ค่า a* ของทั้ง 4 สูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 1.18 – 1.40 ขณะที่สูตรที่ 1 ให้ค่าสีเหลืองสูงที่สุด มีค่า b* คือ 3.03 และสูตรที่ 2 มีค่า b* คือ 2.23 ให้ค่าสีเหลืองต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ค่าความสว่างของผงปรุงรสจะลดลงตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดที่เพิ่มสูงขึ้น โดยค่าที่ได้ต่างจากรายงานของสุริยงค์ (2554) ที่พัฒนาผงซุปรสไก่สูตรไม่มีผงชูรสและลดโซเดียม พบว่ามีค่าสี L* เท่ากับ 68.24 ค่าสี a* เท่ากับ 4.03 ค่าสี b* เท่ากับ 21.64

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของผงปรุงรสสูตรเสริมผัก พบว่าสูตรที่ 2 และ 3 ให้ค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.38 ส่วนสูตรที่ 1 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.41 ส่วนสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.39 จากการทดลองจะพบว่าสูตรที่ 2, 3, 4 มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.4 แสดงถึงความปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เพราะเชื้อจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ค่า a_w ต่ำกว่า 0.4 ทำให้การเน่าเสียเกิดได้ยาก และยืดอายุผลผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของสุริยงค์ (2554) พัฒนาผงซุปรสไก่สูตรไม่มีผงชูรสและลดโซเดียม พบว่า ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี้ เท่ากับ 0.385 และ ปวีณา (2549) พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผัก มีค่า a_w 0.312 แต่ค่าที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่ารายงานของนรินทร์ (2561) ที่ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากลำไย พบว่าผงปรุงรสมีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้ เท่ากับ 0.42

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าค่า pH ของสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 7.48 ส่วนสูตรที่ 1, 2 และ 4 มีค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.58 – 6.75 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 3 ซึ่งจากข้อมูลสามารถบอกได้ว่าทั้ง 4 สูตร มีค่า pH ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ 4.4

ตารางที่ 10 คุณภาพทางกายภาพในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก

คุณภาพทางด้านกายภาพ	เครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ปริมาณค่าสี *L**	8.87±0.09^{a}	7.78±0.21^{b}	7.96±0.09^{b}	7.98±0.08^{b}
ปริมาณค่าสี *a**	1.26±0.12	1.18±0.06	1.21±0.05	1.40±0.18
ปริมาณค่าสี *b**	3.03±0.03^{a}	2.23±0.19^{c}	2.39±0.13^{bc}	2.52±0.15^{b}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw)	0.41±0.00^{a}	0.39±0.00^{b}	0.38±0.00^{c}	0.38±0.00^{c}
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.58±0.10^{b}	6.64±0.02^{b}	7.48±0.16^{a}	6.75±0.06^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผงปรุงรสสูตรเสริมผัก แสดงดังตารางที่ 11 โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนแบบ 9-point Hedonic scale เพื่อประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ส่วนในความชอบด้านรสชาติจะนำผงปรุงรสปริมาณ 2 กรัมมาผัดกับผักบุ้งปริมาณ 10 กรัม โดยผัดให้เข้ากัน จากนั้นเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ พบว่าคะแนนความชอบด้านสี รสชาติและความชอบโดยรวมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาด้านลักษณะปรากฏ พบว่า สูตรที่ 2 และ 3 ให้ค่าสูงเกิน 7 อยู่ในช่วงระหว่าง 7.22 – 7.25 คะแนนความชอบด้านสี ให้ค่าสูงสุดเท่ากับ 7.33 ในสูตรที่ 3 ขณะที่กลิ่นและรสชาติมีให้คะแนนสูงที่สุดในสูตรที่ 2 เท่ากับ 7.48 และ 7.65 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบรวม จะพบว่าสูตรที่ 2 มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด มีค่าคะแนน เท่ากับ 7.59 รองลงมาคือ สูตรที่ 3 มีคะแนนเท่ากับ 7.29 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะผงปรุงรสสูตรเสริมผัก ได้จากน้ำต้มปูข้นหนืด ผงผักและสาหร่ายก้ามกุ้ง ซึ่งอาจมีกลิ่นปูและกลิ่นสาหร่าย

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดร่วมกับคะแนนความชอบด้านรสชาติและกลิ่น พบว่าผงปรุงรสในสูตรที่ 2 ซึ่งใช้ส่วนผสมระหว่าง น้ำปูข้นหนืด สาหร่ายก้ามกัง และ ผงผัก เท่ากับ 60 : 6 : 25

ตารางที่ 11 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก

เครื่องปรุงรสสูตรผงปรุงรส	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สูตร 1	6.77±1.06 ^{b}	6.75±0.13^{b}	6.82±0.56^{b}	6.57±0.15^{c}	6.81±0.25^{b}
สูตร 2	7.25±1.01 ^{a}	7.15±1.16^{b}	7.48±0.11^{a}	7.65±0.53^{a}	7.59±0.13^{a}
สูตร 3	7.22±0.72 ^{a}	7.33±0.90^{a}	7.10±1.12^{b}	7.35±0.03^{b}	7.29±0.08^{b}
สูตร 4	6.66±0.94 ^{b}	6.99±1.06^{b}	6.89±0.41^{b}	6.44±0.11^{c}	6.60±0.15^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ตารางที่ 12) พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าเริ่มต้น เท่ากับ 1.5 X 10 โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์และรา เริ่มต้นน้อยกว่า 10 โคโลนี /กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 2.6 X 10^{6} โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์และรา มีค่า 8 โคโลนี /กรัม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีคุณภาพด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เกินค่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณยีสต์และรายังมีความปลอดภัย เพราะอยู่ในค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ที่กำหนดคือ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต้องไม่เกิน 1x 10^{4} โคโลนี/กรัม จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10

โคโลนี/กรัม ทั้งนี้อาจมาจากส่วนผสมผักและสาหร่ายที่สามารถดูดความชื้นได้ในช่วงการเก็บรักษา อีกทั้งส่วนผสมผักบางชนิดมีค่า a_w เกินกว่า 0.4 ซึ่งจะต้องไปปรับปรุงกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ปวีณา (2549) ทำการพัฒนาเครื่องปรุงรสจากผัก พบว่าผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสจากผัก มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 4.79 log cfu/g ยีสต์และรา 3.73 log cfu/g คุณภาพในด้านจุลินทรีย์ซึ่งชี้บ่งถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค เนื่องจากเครื่องปรุงรสจากผักเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ไม่มีเกณฑ์ทางด้านคุณภาพ แต่นำมาเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงที่มีมาตรฐานรองรับ พบว่า มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่, 2532) กำหนดให้ในผลิตภัณฑ์ผงกระหรี่ต้องมีปริมาณความชื้น ไม่เกินร้อยละ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log cfu/g ปริมาณยีสต์และราไม่เกิน 2 log cfu/g ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเครื่องปรุงรสจากผักอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารประเภทผงกระหรี่ ตามประกาศของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม แต่ปริมาณยีสต์และรา มีปริมาณเกินกว่ามาตรฐาน เนื่องจากในผลิตภัณฑ์มีเห็ดหอมอบแห้งเป็นส่วนประกอบ โดยเห็ดหอมจัดเป็นยีสต์และราชนิดหนึ่งด้วย

ตารางที่ 12 การประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	ปริมาณ (CFU/กรัมของตัวอย่าง)
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (เริ่มต้น)	1.5×10
ปริมาณยีสต์และรา (เริ่มต้น)	< 10
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (สิ้นสุด)	2.5×10^6
ปริมาณยีสต์และรา (สิ้นสุด)	8×10

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของผงปรุงรสสูตรเสริมผัก ตรวจสอบโดยวิธี DPPH radical scavenging assay รายงานผลในหน่วยร้อยละ (ตารางที่ 13) จากผลการทดลองพบว่า ผงปรุงรสที่ผลิตทั้ง 4 สูตร แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay ไมแตกต่างกัน โดยมีแนวโน้มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 37.63 ดีกว่าสูตรที่ 1, 2 และ 4 แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ การตรวจสอบโดยวิธี ABTS assay พบว่า สูตรที่ 2 และ 3 ให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 96.89 และ 96.52 ตามลำดับ รองลงมาคือสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 94.73 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ต่างจากสูตรที่ 1 ซึ่งมีค่าการต้านอนุมูลอิสระที่ต่ำกว่า เท่ากับร้อยละ 92.75 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับชุดการทดลองอื่น ซึ่งส่วนผสมในการผลิตทั้ง 4 สูตร มีปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้งในปริมาณที่ต่างกัน โดยมีแนวโน้มว่าปริมาณน้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้งที่เพิ่มขึ้น มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ จึงทำให้สูตรที่ 2 (60 : 6) และ สูตรที่ 3 (70 : 4) แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสูตรอื่น เช่นเดียวกับการทดลองของ นรินทร์ (2561) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากลำไย พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระทั้งหมดในผงปรุงรสลำไย ให้ค่าการต้านอนุมูลอิสระปริมาณสูงถึง 535.46 mg eq Trolox/100g

ตารางที่ 13 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS Assay ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสเสริมผัก

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	เครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ DPPH	36.04±1.18	34.58±1.21	37.63±4.60	34.60±0.22
ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ ABTS	92.75±1.14^{b}	96.89±1.53^{a}	96.52±1.84^{a}	94.73±1.77^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

องค์ประกอบทางเคมีในซอสข้นปรุงรส

การวิเคราะห์หาปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญในซอสข้นปรุงรสที่ผลิตจากน้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลเซท โดยมีสูตรที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สูตร ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 14 พบว่า น้ำซอสข้นปรุงรสสูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 52.35 และสูตรที่ 1 มีค่าความชื้นมากที่สุด เท่ากับร้อยละ 72.76 จึงส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ ปริมาณโปรตีน เถ้าและเยื่อใยมีความแตกต่างตามไปด้วย ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้บนฐานความชื้นที่ต่างกัน ซึ่งการทดลองครั้งนี้ ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำซอสปรุงรสตามลักษณะผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตโดยตรง ไม่ได้ทำการอบแห้งลดความชื้น จึงส่งผลให้ผลการวิเคราะห์มีค่าดังนี้ ปริมาณโปรตีนในน้ำซอสข้นปรุงรสในสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.71, 10.45, 9.09 และ 8.99 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าในสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 4.60, 9.63, 8.12 และ 8.53 ตามลำดับ และปริมาณเส้นใยในสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.23, 0.21, 0.18 และ 0.38 ตามลำดับ ซึ่งจากสูตรการผลิตน้ำซอสข้นปรุงรส จะพบว่าสูตรที่ 2 มีค่าความชื้นต่ำ ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน และเถ้า มีค่าสูงกว่าสูตรอื่น เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำซอสปรุงรสสูตรที่ 1 ซึ่งมีค่าความชื้นใกล้เคียงกับการผลิตสาหร่ายข้นปรุงรสของของ จิราภรณ์ (2549) พบว่าองค์ประกอบทางเคมี มีค่าใกล้เคียงกัน โดยผลิตภัณฑ์สาหร่ายข้นปรุงรส มีปริมาณความชื้น โปรตีน และเถ้า เท่ากับร้อยละ 80.76, 4.07 และ 3.99 ตามลำดับ

ปริมาณเกลือในน้ำซอสข้นปรุงรสในสูตรที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับร้อยละ 0.82, 0.83, 0.84 และ 0.83 ตามลำดับ ค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่าการทดลองผลิตสาหร่ายข้นปรุงรสของ จิราภรณ์ (2549) ที่พบว่า ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในสาหร่ายข้นปรุงรส มีค่าร้อยละ 4.09 แต่เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับค่ากำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ซอสหอยนางรม (มอก, 2538) แสดงให้เห็นว่า คุณภาพด้านต่างๆ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ไม่เกินร้อยละ 13

ตารางที่ 14 องค์ประกอบทางเคมีในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

คุณภาพทางด้านเคมี (ร้อยละ)	เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
โปรตีน	4.71±0.16^{c}	10.45±0.13^{a}	9.09±0.53^{b}	8.99±0.04^{b}
เส้นใย	0.23±0.05^{b}	0.21±0.03^{b}	0.18±0.03^{b}	0.38±0.08^{a}
เถ้า	4.60±0.26^{d}	9.63±0.09^{a}	8.12±0.22^{c}	8.53±0.20^{b}
เกลือ	0.82±0.00^{b}	0.83±0.00^{b}	0.84±0.00^{a}	0.83±0.00^{b}
ความชื้น	72.76±0.05^{a}	52.35±0.11^{c}	63.42±0.10^{b}	66.57±3.99^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของซอสข้นปรุงรสที่ผลิตจากน้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลเซท โดยมีสูตรที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สูตร (ภาพที่ 4) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 15 พบว่า จากการวิเคราะห์ค่าสี ตามระบบ ค่าสี L* a* และ b* ของซอสข้นปรุงรส ซึ่งค่า L* a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายไฮโดรไลเซทที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสูตร ส่งผลให้ค่าความสว่างลดลงตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดที่มากขึ้น โดยสูตรที่ 1 มีค่าความสว่างมากที่สุด ทั้งนี้สูตรที่ 4 มีค่าสี L* a* b* สูงที่สุด โดยค่า L* คือ 21.03 ค่า a* คือ 4.10 ค่า b* คือ 12.39 และสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด โดย ค่า L* คือ 16.29 ค่า a* คือ 1.77 ค่า b* คือ 7.56 ขณะที่สูตรที่ 2 และ 3 มีค่าความสว่าง L* อยู่ ในช่วง 17.24 ถึง 20.18 และค่า a*อยู่ ในช่วง 2.86 ถึง 3.81 ส่วนค่า b* อยู่ ในช่วง 9.24 ถึง 11.65 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่า ค่าสีของน้ำซอสข้นปรุงรส ซึ่งจะมีสีน้ำตาลคล้ำ จะมีความเข้มเพิ่มตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายไฮโดรไลเซทที่เพิ่มสูงขึ้น โดยค่าสีที่ได้มีค่าต่างจากงานวิจัยของนิสานารถ และคณะ (2559) ซึ่งพบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์ปาเปน มีค่าสี L* เท่ากับ 21.14 ค่าสี a* เท่ากับ 14.26 ค่าสี b* เท่ากับ 23.66 และซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์อัลคาเลส มีค่าสี L* เท่ากับ 21.04 ค่าสี a* เท่ากับ 12.87 ค่าสี b* เท่ากับ 24.30

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของซอสข้นปรุงรส (ตารางที่ 15) พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด เท่ากับ 0.90 และสูตรที่ 1 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.96 ส่วนสูตรที่ 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.93, 0.92 ตามลำดับ จากการทดลองจะพบว่าทุกสูตร มีค่า a_w สูงกว่า 0.4 แสดงถึงปริมาณน้ำที่มีผลต่อการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี ทำให้การเน่าเสียเกิดได้ง่าย แต่สามารถยืดอายุผลิตภัณฑ์ได้นานขึ้น เมื่อแช่ในอุณหภูมิต่ำหรือในตู้เย็น เช่นเดียวกับรายงานการผลิตสาหร่ายข้นปรุงรสของจิราภรณ์ (2549) พบว่าสาหร่ายข้นปรุงรส มีค่า a_w เท่ากับ 0.97

ส่วนการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าค่า pH ของสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 7.35 รองลงมาคือ สูตรที่ 4 มีค่า pH เท่ากับ 7.23 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนสูตรที่ 2 และ 3 มีค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.10–7.14 ซึ่งจากข้อมูลสามารถบอกได้ว่าทั้ง 4 สูตร มีค่า pH ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบผล

การวิเคราะห์กับค่าจากมาตรฐานของซอสหอยนางรมของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก., 2538) พบว่ามีค่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้คือ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ปริมาณเกลือ โซเดียมคลอไรด์ ไม่เกินร้อยละ 13 ค่า pH ไม่น้อยกว่า 4.4

ส่วนการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด พบว่า สูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุด เท่ากับร้อยละ 47.65 รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3, 4 และ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 36.58, 35.76 และ 27.24 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของนิสานารถ และคณะ (2559) พบว่าซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์ปาเปน มีปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ ร้อยละ 41.31 และซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากเอนไซม์อัลคาเลส มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ ร้อยละ41.85

ตารางที่ 15 คุณภาพทางเคมีและกายภาพในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

คุณภาพทางด้านเคมี และกายภาพ	เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ปริมาณค่าสี *L**	16.29±0.29^{d}	17.24±0.29^{c}	20.18±0.02^{b}	21.03±0.45^{a}
ปริมาณค่าสี *a**	1.77±0.00^{d}	2.86±0.04^{c}	3.81±0.04^{b}	4.10±0.08^{a}
ปริมาณค่าสี *b**	7.56±0.17^{d}	9.24±0.18^{c}	11.65±0.06^{b}	12.39±00.23^{a}
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w)	0.96±0.01^{a}	0.90±0.01^{c}	0.93±0.00^{b}	0.92±0.01^{b}
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.35±0.01^{a}	7.10±0.01^{c}	7.14±0.02^{c}	7.23±0.05^{b}
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	27.24±0.05^{d}	47.65±0.11^{a}	36.58±0.10^{b}	35.76±0.07^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส ด้านรสชาติ กลิ่น ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม (ตารางที่ 16) พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าการยอมรับดีที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1, 3 และ 4 ส่วนคะแนนการยอมรับทางด้านสี พบว่า สูตรที่ 3 มีค่าคะแนนการยอมรับดีที่สุด ส่วนสูตรอื่น มีค่าไม่แตกต่าง ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้ คะแนนความชอบรวมในสูตรที่ 2 ผู้บริโภคให้การยอมรับดีที่สุด มีค่าคะแนนสูงกว่า 7 โดยค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง อาจเป็นเพราะวัตถุดิบได้จากน้ำต้มปูข้นหนืด และสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลเซท ซึ่งอาจมีกลิ่นปูและกลิ่นสาหร่าย เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ น้ำซอสข้นปรุงรสในสูตรที่ 2 พบว่ามีส่วนผสมระหว่างน้ำปูข้นหนืด และสาหร่ายไฮโดรไลเซท เท่ากับ 30 : 6 ขณะที่งานวิจัยของนิสานารถ และคณะ (2559) ศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกระตอยด้วยเอนไซม์และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น พบว่าการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกในระดับต่างกัน คือ 30 40 50 และ 60 กรัม ให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นหมึก รสชาติและความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ซอส

หมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 30 และ 40 กรัม ได้รับคะแนนมากที่สุด ($p>0.05$) โดยมีคะแนน 7.13 และ 7.17 ตามลำดับ และมีคะแนนมากกว่าผลิตภัณฑ์ซอสหมึกที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเสทปริมาณ 50 และ 60 กรัม ($p\leq0.05$)

ตารางที่ 16 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส	ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย				
	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สูตร 1	6.64±1.05 [b]	6.78±1.16[b]	6.80±0.26[b]	6.77±0.05[c]	6.87±0.05[b]
สูตร 2	7.21±1.11 [a]	7.19±1.13[b]	7.44±0.09[a]	7.51±0.03[a]	7.58±0.03[a]
สูตร 3	7.38±0.90 [a]	7.33±0.93[a]	7.13±0.22[b]	7.34±0.03[b]	7.32±0.03[b]
สูตร 4	6.58±0.99 [b]	6.91±1.04[b]	6.99±0.20[b]	6.50±0.08[c]	6.67±0.08[c]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 17 การประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	เริ่มต้นเก็บรักษา	เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/กรัมของตัวอย่าง)	3.5×10	8.0×10
ปริมาณยีสต์และรา (CFU/กรัมของตัวอย่าง)	<10	<10

คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยาในผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส (ตารางที่ 17) พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าเริ่มต้น เท่ากับ 3.5 X 10 โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์และรา เริ่มต้นมีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนี /กรัม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 8.0 X 10 โคโลนี/กรัม ปริมาณยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า 10 โคโลนี /กรัม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรสที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน มีคุณภาพด้านปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและปริมาณยีสต์และรา อยู่ในค่าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ซอสหอยนางรม (มอก., 2538) ที่กำหนด คือ จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนี/กรัม จำนวนยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนี/กรัม

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส

กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของซอสข้นปรุงรส ตรวจสอบโดยวิธี DPPH radical scavenging assay รายงานผลในหน่วยร้อยละ (ตารางที่ 18) ผลการทดลองพบว่า ซอสข้นปรุงรสที่ผลิตทั้ง 4 สูตร แสดงฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH assay พบว่า ซอสข้นปรุงรสในสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 20.13 รองลงมา คือสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 17.65 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ต่างจากสูตรที่ 1 และ 4 ที่มีค่าเท่ากับร้อยละ 15.95 และ 15.62 ขณะที่การตรวจสอบโดยวิธี ABTS assay พบว่าสูตรที่ 2 ให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระที่ดีที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 76.76 รองลงมาได้แก่ สูตรที่ 3, 4 และ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 68.95, 66.21และ 61.10 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ทั้งนี้ส่วนผสมในการผลิตซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร มีการใช้น้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลซทในปริมาณที่ต่างกัน โดยสูตรที่มีค่าการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุด ได้แก่ สูตรที่มีการใช้น้ำปูข้นหนืด ต่อ สาหร่ายไฮโดรไลเซท เท่ากับ 30 : 6 แสดงฤทธิ์ต่านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าสูตรอื่น เช่นเดียวกับการทดลองของ พรชัย และคณะ (2560) ซึ่งวิเคราะห์ความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชั่นของผลิตภัณฑ์ประมงหมักดองของไทย โดยเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์น้ำปลา น้ำบูดู ปลาร้า กะปิและปลาส้ม ที่มีฉลาก ระบุชื่อผู้ผลิต ส่วนผสม และวันที่ผลิต จากตลาดและห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพฯและปริมณฑล รวมทั้งหมด 20 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น ได้แก่ DPPH , และ ABTS พบว่าผลิตภัณฑ์มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น DPPH อยู่ในช่วงร้อยละ 21.15 – 1334.80 และ ABTS อยู่ในช่วงร้อยละ 76.47 – 9,725.00 ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประมงหมักดองจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่อุดมไปด้วยฤทธิ์ต้านออกอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 18 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS Assay ในสูตรซอสข้นปรุงรส

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ร้อยละ)	เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ DPPH	15.95±0.59^{b}	20.13±2.06^{a}	17.65±1.14^{ab}	15.62±1.18^{b}
ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ ABTS	61.10±1.15^{d}	76.76±1.21^{a}	68.95±1.32^{b}	66.21±1.14^{c}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s multiple test (DMRT)

ศึกษามูลค่าเพิ่มจากต้นทุนการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก และซอสข้นปรุงรสต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัม และนำมาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตของเครื่องปรุงรสทั้งสองชนิด ดังนี้

ต้นทุนการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก

1) การคำนวณต้นทุนค่าสาหร่ายก้ามกุ้ง

เมื่อคำนวณต้นทุนราคาสาหร่ายก้ามกุ้ง โดยคิดน้ำหนักของสาหร่ายสด 1,000 กรัม ราคา 60 บาท อบให้แห้งจนได้น้ำหนักแห้ง 366.61 กรัม นำไปใช้ในสูตร 6 กรัม เท่ากับ 0.98 บาท ดังนั้นต้นทุนสาหร่ายก้ามกุ้ง 1,000 กรัมเท่ากับ 11 บาท

2) การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ

จากการคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก พบว่า การผลิตเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผักต่อ 1 หน่วยบรรจุ 100 กรัม มี ราคาต้นทุนวัตถุดิบ ดังนี้ สาหร่าย เท่ากับ 1.10 บาท น้ำต้มปู เท่ากับ 1.20 บาท มะเขือเทศ เท่ากับ 3.98 บาท ผักหวานบ้านเท่ากับ 0.25 บาท ต้นกระเทียมเท่ากับ 2.03 บาท เห็ดหอม เท่ากับ 3.61 บาท หอมหัวใหญ่ เท่ากับ 2.38 บาท หัวผักกาดเท่ากับ 1.85 บาท มอลโตเด็กตริน เท่ากับ 0.40 บาท รวมเป็นราคาเครื่องปรุงรสสูตรเสริมผัก 17.20 บาท/100 กรัม และ 172 บาท/1,000 กรัม ราคาภาชนะบรรจุ เท่ากับ 5.00 บาท ดังนั้น ราคาต้นทุนวัตถุดิบรวมทั้งหมด คือ 22.20 บาท ต่อน้ำหนัก 100 กรัม

ต้นทุนการผลิตสาหร่ายซอสข้นปรุงรส

1) การคำนวณต้นทุนสาหร่ายก้ามกุ้ง

เมื่อคำนวณต้นทุนราคาสาหร่ายก้ามกุ้ง โดยคิดน้ำหนักของสาหร่ายสด 1,000 กรัม ราคา 60 บาท ใช้ไฮโดรไลเซท 6 กรัม เท่ากับ 0.36 บาท ดังนั้นต้นทุนสาหร่ายก้ามกุ้ง 1,000 กรัมเท่ากับ 1.40 บาท

2) การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ

จากการคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตสาหร่ายซอสข้นปรุงรส พบว่า การผลิตสาหร่ายซอสข้นปรุงรส ต่อ 1 หน่วยบรรจุ 150 กรัม มี ราคาต้นทุนวัตถุดิบ ดังนี้ สาหร่าย เท่ากับ 0.21 บาท น้ำต้มปู เท่ากับ 0.18 บาท เอนไซม์ เท่ากับ 23.37 บาท น้ำเท่ากับ 1.16 บาท น้ำตาลทรายเท่ากับ 0.13 บาท แป้งมันสำปะหลัง เท่ากับ 0.20 บาท แป้งข้าวโพด เท่ากับ 0.08 บาท พริกไทยป่นเท่ากับ 0.01 บาท รวมเป็นราคาสาหร่ายซอสข้นปรุงรส 20.34 บาท/150 กรัม ราคาภาชนะบรรจุ เท่ากับ 5.00 บาท ดังนั้น ราคาต้นทุนวัตถุดิบรวมทั้งหมด คือ 30.34 บาท ต่อน้ำหนัก 150 กรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับต้นทุนการผลิตของ สุริยงค์ (2554) คำนวณต้นทุนของผงซุปรสไก่สูตรไม่มีผงชูรสและลดโซเดียม พบว่าต้นทุนวัตถุดิบในการพัฒนาผงซุปรสไก่สูตรไม่มีผงชูรสและลดโซเดียม มีค่าเท่ากับ 125.43 บาทต่อกิโลกรัม และจิราภรณ์ (2549) คำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตสาหร่ายข้นปรุงรส การผลิตสาหร่ายข้นปรุงรสต่อ 1 หน่วยบรรจุ 200 กรัม มีราคาต้นทุนวัตถุดิบ ดังนี้ สาหร่าย เท่ากับ 22.77 บาท ซอสถั่วเหลือง เท่ากับ 1.78 บาท น้ำตาลทราย เท่ากับ 0.33 บาท น้ำ เท่ากับ 0.94 บาท กรดอะซิตริก เท่ากับ 0.02 บาท รวมเป็นราคาสาหร่ายข้นปรุงรส 25.84 บาท/200 กรัม และ 129.20 บาท/1,000 กรัม ราคาภาชนะบรรจุ เท่ากับ 5.00 บาท ดังนั้น ราคา ต้นทุนวัตถุดิบรวมทั้งหมด คือ 30.84 บาท ต่อน้ำหนัก 200 กรัม และคิดเป็นราคาต้นทุนเท่ากับ 154.20 บาท ต่อน้ำหนัก 1000 กรัม

ผงปรุงรสสูตรที่1 ผงปรุงรสสูตรที่2

ผงปรุงรสสูตรที่ 3 ผงปรุงรสสูตรที่ 4

ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

ซอสข้นปรุงรสสูตรที่ 1

ซอสข้นปรุงรสสูตรที่ 2

ซอสข้นปรุงรสสูตรที่ 3

ซอสข้นปรุงรสสูตรสูตรที่ 4

ภาพที่ 4 ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง เรื่อง การใช้ประโยชน์จากน้ำต้มปูสดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้งเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงรส สรุปได้ว่า

1. องค์ประกอบทางเคมีในต้มปูข้นหนืด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.86 ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 73.59 และปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 78.90 มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้าและคาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 21.10, 43.08, 2.24, 32.05 และ 1.53 ตามลำดับ

2. องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลเซท พบว่า ปริมาณความชื้นมีค่าระหว่างร้อยละ 87.49-87.57 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายไฮโดรไลเซทมีค่าสูงกว่าสาหร่ายสด ส่วนปริมาณเถ้า เยื่อใยและคาร์โบไฮเดรต มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไขมันในสาหร่ายไฮโดรไลเซทมีค่าต่ำกว่าสาหร่ายสด

3. องค์ประกอบทางเคมีในผงปรุงรสสูตรเสริมผัก สูตรที่ 3 มีค่าปริมาณโปรตีนและปริมาณเกลือสูงที่สุด ขณะที่ปริมาณเส้นใยทั้งหมดมีค่าต่ำที่สุด ส่วนปริมาณเถ้ามีค่าไม่แตกต่างจากชุดการทดลองอื่น แต่สูตรที่ 2 เหมาะในการนำไปใช้เป็นผงปรุงรสมากกว่า แม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า แต่ปริมาณเส้นใย และเถ้ามีค่าสูงกว่า รวมถึงปริมาณเกลือยังมีค่าต่ำกว่าด้วย

4. องค์ประกอบทางเคมีในซอสข้นปรุงรส สูตรที่ 2 มีค่าความชื้นต่ำที่สุด ปริมาณโปรตีนและเถ้ามีค่าสูงสุด ละ 12.04 ปริมาณเถ้ามีค่า เท่ากับร้อยละ 25.39 ปริมาณไขมันมีค่าเท่ากับร้อยละ 2.32 ปริมาณโปรตีนมีค่าเท่ากับร้อยละ 18.76 ปริมาณเยื่อใย มีค่าเท่ากับร้อยละ 10.77 ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีค่าเท่ากับร้อยละ 41.47

5. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก สูตรที่ 2 และซอสข้นปรุงรสใน สูตรที่ 2 ผู้บริโภคให้การยอมรับดีที่สุด มีคะแนนความชอบรวมเกณฑ์ชอบปานกลาง

6. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผงปรุงรสสูตรเสริมผักมีค่าดีที่สุดในสูตรที่ 2 ซึ่งมีส่วนผสมระหว่างน้ำปูข้นหนืด กับสาหร่ายก้ามกุ้ง เท่ากับ 60 : 6 และน้ำซอสข้นปรุงรส มีค่าการต้านอนุมูลอิสระดีที่สุดในสูตรที่ 2 ซึ่งมีส่วนผสมระหว่างน้ำปูข้นหนืด กับสาหร่ายไฮโดรไลเซท เท่ากับ 30 : 2

7. เมื่อคิดคำนวณต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ พบว่า ต้นทุนการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผักเท่ากับ 22.20 บาท ต่อน้ำหนัก 100 กรัม และซอสข้นปรุงรส เท่ากับ 30.34 บาท ต่อน้ำหนัก 150 กรัม

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาอายุการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิดกัน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น
2. ควรพัฒนาสูตรการผลิตโดยใช้เอนไซม์จากธรรมชาติในการไฮโดรไลเซท เพื่อลดต้นทุนการผลิต

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. 2553. Seasoning powder. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://intranet.dip.go.th/boc/download/Pattern Investment/agricultural Spices.pdf. (20 ตุลาคม 2553).

กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2552. ชี้สัญญาณอันตราย คนไทยสุขภาพเลวลง. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.bangkokbiznews.com/2009/01/05/news 325415.php (28 เมษายน 2553)

เกริกชัย ชีระปฏิยุทธ. 2552. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ผงผักปรุงรสโรยข้าวแคลเซียมสูงจากไข่น้ำ (วอลฟ์เฟีย กลอโบซ่า). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 187 หน้า.

คงศักดิ์ สหะศักดิ์มนตรี. 2544. การพัฒนากรรมวิธีการผลิตน้ำซอสปรุงรสโดยใช้เอนไซม์เพื่อลดสาร 3-MCPD. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 106 หน้า.

จิราภรณ์ จิตต์ปราณี . 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สาหร่ายข้นปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 125 หน้า.

จีรภา หินซุย และณิชาภัทร เดชกำแหง . 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรุงรสความเค็มต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนิกานต์ ซ่อนกลิ่น. 2552. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเขียวโดยใช้โปรติเอส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 150 หน้า.

ชวนพิศ เรืองพันธ์. 2555. ผลของสภาวะการอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระของสาหร่ายเทาน้ำอบแห้งปรุงรส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ณัฐวุฒิ ส่งแสง. 2550. การผลิตสารปรุงแต่งกลิ่นรสทะเลจากโปรตีนไฮโดรไลเซทกากถั่วเขียวโดยเอนไซม์โปรติเอส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 168 หน้า.

นรินทร์ เจริญพันธ์. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากลำไย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 26 (4) : 631 – 640.

นิสานารถ กระแสร์ชล วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และสิริมา ชินสาร. 2559. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกะตอยด้วยเอนไซม์และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์, ไพลิน เพ็ชรทวีพรเดช, อรพิน เกิดชูชื่น และ กนก รัตนะกนกชัย. 2554. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 34 (2) : 129 -145.

ประสาร สวัสดิ์ชิตัง. 2547. การสำรวจความความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำผลไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาชีวเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 92 น.

ปวีณา เพี้ยงจันทร์. 2549. การพัฒนาเครื่องปรุงรสจากผัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธ์ ดวงเดือน วารีวะนิช และ กนกวรรณ ขาวด่อน. 2558. คุณค่าทางโภชนาการของปูจากอวนจมปูที่ใช้เป็นแหล่งอาหารทางเลือก. น. 1288-1298. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 53 วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรชัย เอียดเอื้อ, ณัฐพล สว่างโรจน์, วิทวัส จำปา และจีรภา หินซุย. 2560. สารต้านออกซิเดชั่นที่พบในผลิตภัณฑ์ประมงหมักดองของไทย. น. 822 – 828. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 55 วันที่ 31 มกราคม - 3 กุมภาพันธ์ 2560. สาขาประมง คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2535. คุณค่าทางโภชนาการและการเพาะเลี้ยงสาหร่าย *Spirogyra sp*p. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาชีววิทยา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล. 2546. การเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิน่า. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยุวดี พีรพรพิศาล, สนิท มกรแก้วเกยูร, อิศรพงษ์ พงษ์ศิริกุล, ดวงพร อมรเลิศพิศาล, จีรพร เพกเกาะ, และสุดาพร ตงศิริ. 2549. ศักยภาพของสาหร่ายน้ำจืดขนาดใหญ่ในการนำมาเป็นอาหารและยา. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 189 น.

วารยา บุษปธำรง. 2539. เครื่องดื่มโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่ว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 103 น.

วรรณบดี เอกปิยะกุล. 2549. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสหอยแครง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง, สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศกรมประมง. 2557. สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ.2555. เอกสารฉบับที่ 9/2557. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุริยงค์ ขวัญกวิน. 2554. การพัฒนาผงซุปรสไก่สูตรไม่มีผงชูรสและลดโซเดียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

อัญชลี กนึกรัตน์. 2548. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากกากถั่วเหลืองและกากถั่วเขียวเพื่อใช้เป็นการปรุงแต่งกลิ่นรส. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเหล้าธนบุรี. 110 น.

อุไรวรรณ วัฒนกุล, วัฒนา วัฒนกุล และพีรพงษ์ พึ่งแย้ม. 2563. สารอาหารและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปสาหร่ายก้ามกุ้งแผ่น ที่ผ่านการไฮโดรไลเซท. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย, ตรัง.

Aaslyng, M.D., Poll, L., Nielsen, P.M., and Flyge, H. 1999. Sensory, chemical and sensometric studies of hydrolyzed vegetable protien produced by various processes. European Food Research and Technology. 209 : .227-236.

Ames, B.M., Shigena, M.K. and Hagen, T.M. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 90: 7915-7922.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Washington, DC: AOAC.

AOAC . 1998. Official Method of Analysis. 15th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists, Washington D.C.

AOAC . 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.

Bertoldi, F.C., Sant, Anna, E.S. and Beirao, L.H. 2004. Reducing the Bitterness of Tuna (*Euthynnus pleamis*) Dark Meat with *Lactobacillus casei* Subsp. *Casei* ATCC 393. Food Technology and Biotechnology. 42 (1) : 41-45.

Burtin, P. 2003. Nutritional value of seaweeds. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Chemistry. 2 (4) : 498-503.

Debath, S., Hemavathy, J. and Bhat, K. K. 2002. Moisture Sorption Studies on Onion Powder. Food Chem. 78(4) : 479 – 482.

Fenglin, H., Ruili, L., Bao, H. and Liang, M. 2004. Free radical scavenging activity of extracts prepared from fresh leaves of selected Chinese medicinal plants. Fitoterapia. 75 : 14-23.

Fleurence, J. 1999. Seaweed Proteins: Biochemical, Nutritional Aspects and Potential Uses. Trends in Food Science and Technology. 10 : 25-28.

Giovanelli, G. Paradiso, A. 2002. Stability of dried and intermediate moisture tomato pulu durling storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50(25) : 7277 – 7281.

Halliwell, B., J.M.C. Gutteridge and O.I. Aruoma, 1987. The deoxyribose method: A simple test-tube assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. Anal. Biochem., 165: 215-219.

G.M. Hall and N.H. Ahmad. 1992. Functional properties of fish protein hydrolysates. Ch 11 G.M. Hall (Ed.). Fish processing technology, Blackie Academic and Professional, N.Y., U.S.A. pp. 249-265

Hill, R.L. 1965. Advances in Protein Chemistry. John Wiley and Sons, New York.

John, D. M., Whitton, B. A. and Brook, A. J. (Editors). 2002. The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. Published by Cambridge University Press in association with The Natural

History Museum, London and the British Phycological Society.

Kilcast, D. and Angus, F. 2007. Reducing salt in foods: Practical strategies. Woodhead Publishing Limited, England.

Kong, X., Guo M., Hua Y., Cao, D. and Zhang, C. 2008. Enzymatic preparation of immune-modulating hydrolysates from soy proteins. Bioresource Technology. 99 (18) : 8873-8879.

Kremer, S., Mojet, J. and Shimojo, R. 2009. Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. Journal of Food Science. 74: 255-262.

Lee, G.H. 2011. A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. Food Research International. 44: 537-543.

Lahaye, M. and C. Rochas. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. Hydrobiologia. 221: 137-148.

Leong, L. P. and Shui, G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. Food Chemistry. 76: 69-75.

Lu, Y., Foo, L.Y., Molan, A.L., Wood eld, D.R., McNabb, W.C. 2000. The phenols and prodelphinidins of white clover towers. Phytochemistry. 54, 539-548.

MacArtain, P., PHD, Gill, C.I.R., Brooks, M., Campbell, R. and Rowland, I.R., PHD. 2007. Nutritional Value of Edible Seaweeds. Nutrition Reviews. 65(12) : 535-543.

Manley, C.H., McCamm, J.S. and Swane, R.L.Jr. 1981. The chemical base of the taste and flavor enhancing properties of hydrolyzed protein. The Quality of Food and Beverage Chemistry and Technology. 1 : 61-82.

Murcuse, R. 1960. Antioxidant effect of amino acids. Nature. 186 : 886-887.

Nagodawithana, T.W. 1994. Savory flavor. A Wiley-Interscience Publication 235-285.

Niki, E. 1987. Antioxidants in relation to lipid peroxidation. Chem. and Phys. of Lipid. 44: 227-253.

Nutrition value. 2014. Crustacean, raw, blue,crab. Available at : http://www.nutritionvalue.org/. 12/10/2014

Peterson, J. 1974. Encyclopedia of Food Technology. Van Nostrand reinhold company, New York, p. 150.

Rice-Evans , C. 1999. Implications of the mechanisms of action of tea polyphenols as anti-oxidations in vitro for chemoprevention in humans. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 220 : 262-266.

Rohani-Ghadikolaei K , Abdulalian E. , Wing-Keong Ng. 2012. Evaluation of the proximate, fatty acid and mineral composition of representative green, brown and red seaweeds from the Persian Gulf of Iran as potential food and feed resources. Journal of Food Science and Technology. 49 :774–780.

Suzuki, M., Y. Egawa, and T. Okuda. 1965. Studies on *Streptomyces* antibiotic,

cycloheximide. XV. Hydroxycarbonylation of optically active 2,4-dimethylcyclohexanones with glutarimide-β-acetaldehyde. Synthesis of isocycloheximide and its isomers. Chem. Pharm. Bull. 11: 582-588 .

Tureli C, M Çelik and U Erdem, 2000. Comparison of meat composition and yield of blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) and sand crab (*Portunus pelagicus* Linneaus, 1758) caught in Iskenderun Bay,North-East Mediterranean. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 24:195–203

Van Acker, B. A., Hulsewe, K. W., Wagenmakers, A. J., Von Meyenfeldt, M. F. & Soeters, P. B. 2000. Response of glutamine metabolism to glutamine supplemented parenteral nutrition. Am. J. Clin. Nutr. 72: 790–795.

Waimaleongora Ek, P. 2006. Sensory characteristics of salt substitute containing L-Arginine. Master's thesis. The Department of Food Science. Louisiana State University. Xue CH,

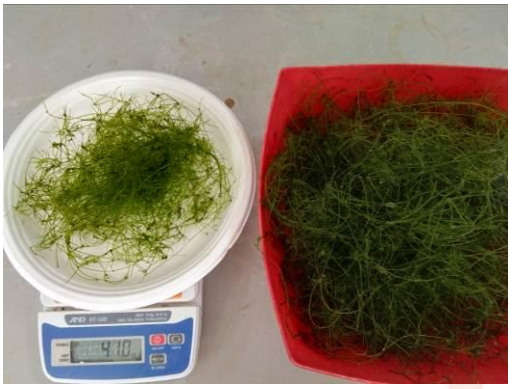
Weir, G. S. D. 1992. Proteins as a source of flavour. In Biochemistry of Food Proteins; Hudson, B. J. F., Ed.; Elsevier Applied Science Publishers: London. 363-395.

Zafar, M., M.Z.H. Siddiqui and M.A. Hoque, 2004. Biochemical composition in *Scylla serrata* (Forskal) of Chakaria, Sundarban area, Bangladesh. Pak. J. Biol. Sci. 7: 2182-2186.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพการวิเคราะห์ค่าต่างๆ



สาหร่าย *Chara corollina*

สาหร่าย *Chara corollina*

เก็บสาหร่าย *Chara corollina*

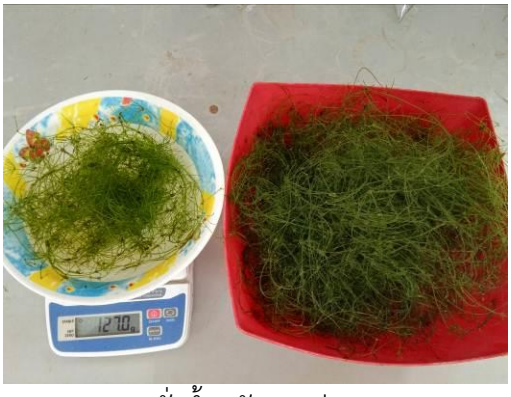
เก็บสาหร่าย *Chara corollina*

ล้างทำความสะอาดสาหร่าย

ล้างทำความสะอาดสาหร่าย

ภาพผนวกที่ 1 การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina*

สาหร่าย *Chara corollina* สด



ชั่งน้ำหนักสาหร่าย

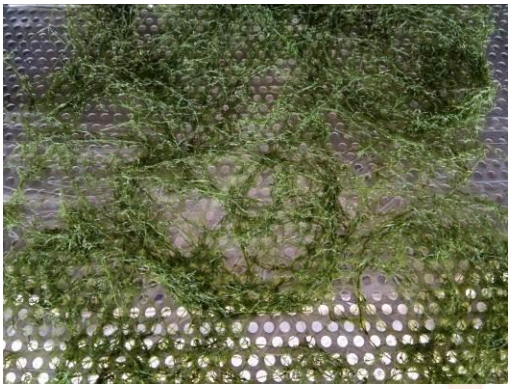
เกลี่ยสาหร่ายในถาดอบ

นำสาหร่ายเข้าตู้อบแห้ง

อบสาหร่ายที่อุณหภูมิ 55 °C

สาหร่าย *Chara corollina* แห้ง

ภาพผนวกที่ 2 การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina* (ต่อ)



สาหร่าย *Chara corollina* แห้ง

บดสาหร่ายด้วยเครื่องบด

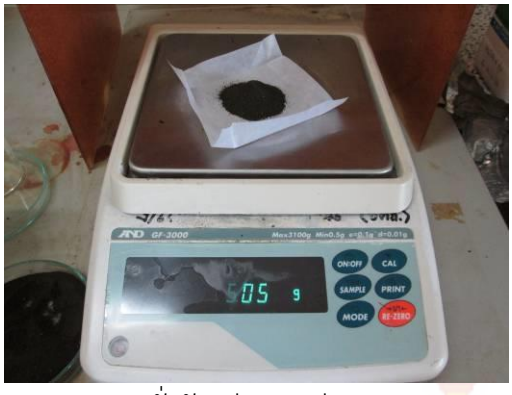
บดสาหร่ายด้วยเครื่องบด

บดสาหร่ายด้วยเครื่องบด

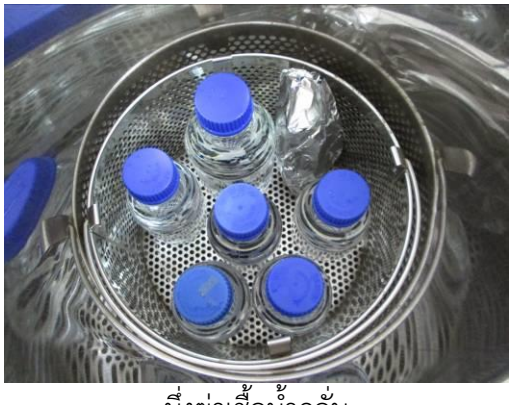
สาหร่าย *Chara corollina* บดละเอียด

สาหร่าย *Chara corollina* บดละเอียด

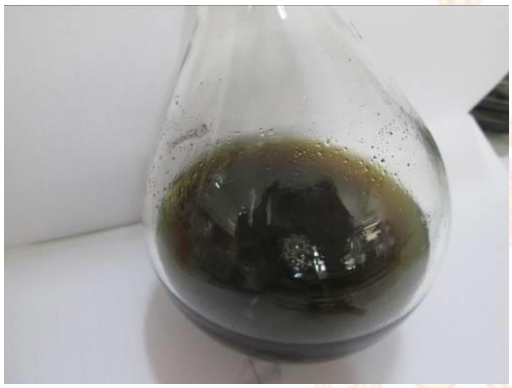
ภาพผนวกที่ 3 การเตรียมตัวอย่างสาหร่าย *Chara corollina* (ต่อ)



ชั่งตัวอย่างสาหร่าย



นึ่งฆ่าเชื้อน้ำกลั่น



เติมเอนไซม์ลงในตัวอย่าง

อุ่นให้ความร้อนเพื่อให้เอนไซม์ทำงาน

ย่อยตัวอย่างสาหร่าย

โปรตีนไฮโดรไลเซทด้วยเอนไซม์

ภาพผนวกที่ 4 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่าย *Chara corollina* ด้วยเอนไซม์ Flavourzyme

เก็บตัวอย่างน้ำต้มปู

เก็บตัวอย่างน้ำต้มปู

เก็บตัวอย่างน้ำต้มปู

กรองน้ำปูเอาตะกอนออก

ลักษณะน้ำต้มปูที่กรองได้

ใส่ตะไคร้และข่าลงไปให้น้ำปู

ภาพผนวกที่ 5 การผลิตน้ำต้มปูข้นหนืด

เคี่ยวน้ำปูด้วยไฟอ่อนปานกลาง

เคี่ยวน้ำปูด้วยไฟอ่อนปานกลาง

เคี่ยวจนได้น้ำปูข้นหนืด

เคี่ยวจนได้น้ำปูข้นหนืด

ลักษณะน้ำปูข้นหนืด

ลักษณะน้ำปูข้นหนืด

ภาพผนวกที่ 6 การผลิตน้ำต้มปูข้นหนืด (ต่อ)

เตรียมน้ำปูต้มข้นหนืด

เติม10% มอลโตเดกซ์ตรินลงไป

เกลี่ยน้ำปูลงบนถาด

อบแห้ง ด้วยอุณหภูมิ 75 °C นาน 8 ชม.

ลักษณะน้ำปูหลังจากอบแห้ง

บดให้ละเอียด

ภาพผนวกที่ 7 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

ลักษณะผงน้ำปูบดละเอียด

เตรียมส่วนผสมผัก

เตรียมส่วนผสมผัก

เตรียมส่วนผสมผักหวาน

เตรียมส่วนผสมผัก มะเขือเทศ

เตรียมส่วนผสมผัก เห็ดหอม

ภาพผนวกที่ 8 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)

เตรียมส่วนผสมผักหอมหัวใหญ่

เตรียมส่วนผสมผักหัวผักกาด

เตรียมส่วนผสมผัก กระเทียมต้น

เตรียมส่วนผสมผัก กระเทียมต้น

เตรียมส่วนผสมผัก กระเทียมต้น

เตรียมส่วนผสมผัก ผักหวานบ้าน

ภาพผนวกที่ 9 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)

เตรียมส่วนผสมผัก มะเขือเทศ

เตรียมส่วนผสมผัก เห็ดหอม

เตรียมส่วนผสมผัก หัวผักกาด

เตรียมส่วนผสมผัก หอมหัวใหญ่

อบแห้งส่วนผสมผัก

อบแห้งส่วนผสมผัก

ภาพผนวกที่ 10 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)

ผักหวานบ้านอบแห้ง

มะเขือเทศอบแห้ง

หัวผักกาดอบแห้ง

หอมหัวใหญ่อบแห้ง

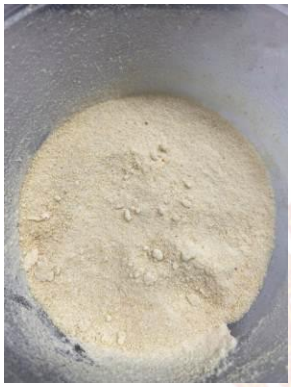
เห็ดหอมอบแห้ง

กระเทียมต้นอบแห้ง

ภาพผนวกที่ 11 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)

กระเทียมต้นอบแห้ง

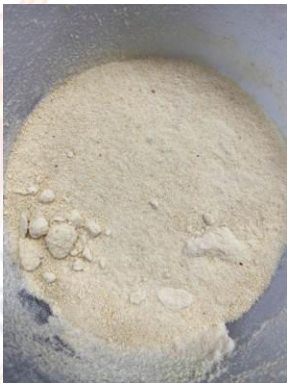
ผักหวานบ้านอบแห้งบดละเอียด



หัวผักกาดอบแห้งบดละเอียด

เห็ดหอมอบแห้งบดละเอียด

มะเขือเทศอบแห้งบดละเอียด



หอมหัวใหญ่อบแห้งบดละเอียด

ภาพผนวกที่ 12 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)

กระเทียมต้นอบแห้งบดละเอียด

ชั่งน้ำหนักส่วนผสมผัก

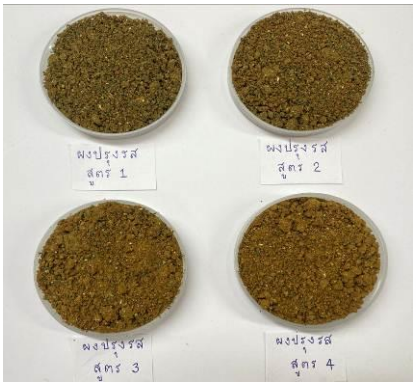
ผสมส่วนผสมผักทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ผสมส่วนผสมผักทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ลักษณะส่วนผสมผัก

ชั่งน้ำหนักส่วนผสมและผสมให้เข้ากัน

ภาพผนวกที่ 13 วิธีการผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก (ต่อ)



ลักษณะผงปรุงรสสูตรที่ 1 - 4

ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสสูตรเสริมผัก

ผัดผักบุ้งด้วยผงปรุงรสสูตรที่ 1

ผัดผักบุ้งด้วยผงปรุงรสสูตรที่ 2

ผัดผักบุ้งด้วยผงปรุงรสสูตรที่ 3

ผัดผักบุ้งด้วยผงปรุงรสสูตรที่ 4

ภาพผนวกที่ 14 การผลิตผงปรุงรสสูตรเสริมผัก และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

เตรียมน้ำต้มปูข้นหนืด

ชั่งส่วนผสมตามสูตรต่างๆ

เติมน้ำเปล่าลงไปผสมกับน้ำปู

กวนผสมให้น้ำปูละลายเข้ากันดี

เติมน้ำตาลทราย

เติมพริกไทย

ภาพผนวกที่ 15 วิธีการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

เติมส่วนผสมแป้งมันและแป้งข้าวโพด

กวนให้ส่วนผสมเข้ากันดี

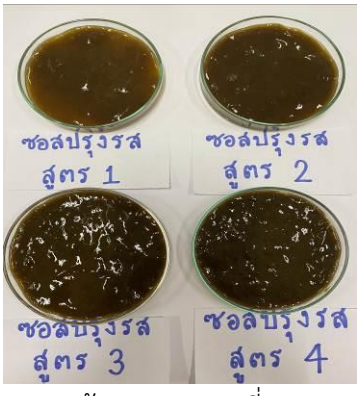
ลักษณะซอสปรุงรสจากน้ำปู

บรรจุซอสปรุงรสลงในขวด

การลวกขวดฆ่าเชื้อจาการปนเปื้อนแบคทีเรีย

การฆ่าเชื้อขวดป้องกันการปนเปื้อนแบคทีเรีย

ภาพผนวกที่ 16 วิธีการผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส (ต่อ)



ซอสข้นปรุงรส สูตรที่ 1 - 4

ผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส

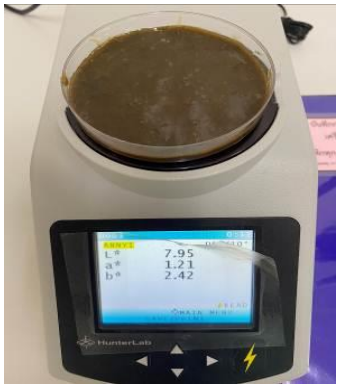
ผัดผักบุ้งด้วยซอสปรุงรสสูตรที่ 1

ผัดผักบุ้งด้วยซอสปรุงรสสูตรที่ 2

ผัดผักบุ้งด้วยซอสปรุงรสสูตรที่ 3

ผัดผักบุ้งด้วยซอสปรุงรสสูตรที่ 4

ภาพผนวกที่ 17 การผลิตเครื่องปรุงรสสูตรซอสข้นปรุงรส และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส



วัดค่าสี L*, a* และ b*

วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw)

วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw)

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด

การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ภาพผนวกที่ 18 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์ปริมาณไขมัน

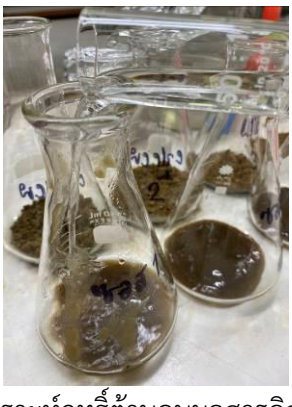
วิเคราะห์ปริมาณเถ้า

วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

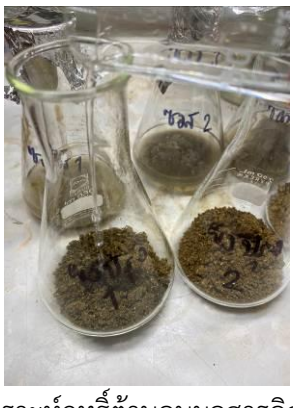
วิเคราะห์ปริมาณเกลือ

การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย

ภาพผนวกที่ 19 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี



วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

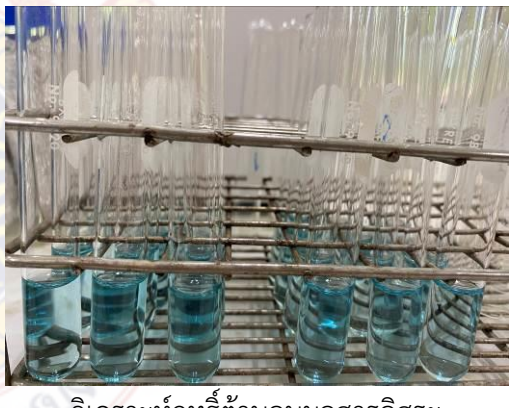


วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ



วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

ภาพผนวกที่ 20 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลสารอิสระ

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ภาพผนวกที่ 21 การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ค่าต่างๆ

1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC , 2000)

อุปกรณ์เครื่องมือ

1. หลอดย่อยโปรตีน (kjeldalh flask)
2. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. ชุดย่อยโปรตีน
4. ชุดกลั่นโปรตีน
5. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
6. ปิเปต ขนาด 25 มิลลิลิตร
7. บิวเรต (burret) ขนาด 25 มิลลิลิตร
8. กระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริก (Sulfuric acid ,H_2SO_4) เข้มข้น 98%
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 40 (Sodium hydroxide ,NaOH)
   - เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 นอร์มัล
   - เตรียมโดยใช้ปิเปตดูดกรดเกลือ 8.28 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร
4. สารเร่งรวม (catalyst mixture)
   - เตรียมโดยชั่ง คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 7 กรัม และ โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 100 กรัม ผสมให้เข้ากัน
5. สารละลายกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 (boric acid , H_3BO_3)
   - เตรียมโดยต้มน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ร้อน ใส่กรดบอริกลงไป 4 กรัม คนจนละลายหมด เมื่อสารละลายเย็นลง แล้วจึงเติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
     mixed indicator (methyl red 0.1 กรัม ผสมกับ bromocresol green 0.1 กรัม ละลายใน ethyl alcohol 95 เปอร์เซ็นต์ ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
6. อินดิเคเตอร์รวม (mixed indicator)
   - เตรียมโดย ละลาย methyl red 0.2 กรัม ในแอลกอฮอล์ 95% ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร และละลาย methylene blue 0.2 กรัมในแอลกอฮอล์ 95% ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลาย methyl red 2 ส่วน ผสมกับสารละลาย methylene blue 1 ส่วน เขย่าให้เข้ากัน

วิธีการวิเคราะห์

1. ขั้นตอนการย่อย (digestion)

1.1 ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน 0.5 - 1 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

1.2 เติมสารเร่งปฏิกิริยา 3 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

1.3 นำ insert rack ที่มีหลอดย่อยตัวอย่างวางครบทุกช่องวางประกอบเข้ากับเครื่องย่อย และเปิดเครื่องกำจัดไอกรด ตั้งอุณหภูมิในการย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 350 เซลเซียส ทำการย่อยตัวอย่างจนได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 90 นาที ทิ้งให้เย็น

2. ขั้นตอนการกลั่น (distillation)

2.1 เมื่อสารละลายเย็นลง ต่อหลอดย่อยโปรตีนเข้ากับเครื่องกลั่นที่มีขวดปากแคบวัดปริมาตร ซึ่งบรรจุสารละลายกรดบอริกเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร และหยด mixed indicator 2 – 3 หยด โดยให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มอยู่ในสารละลาย

2.2 เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ลงไปในหลอดย่อยจนได้สารละลายสีดำ

2.3 ทำการกลั่นจนกระทั่งไม่มีแก๊สแอมโมเนียออกมา ประมาณ 7 นาที

3. ขั้นตอนการไตเตรท (titrion)

3.1 นำสารละลายที่กลั่นได้ ไปไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอมชมพู (ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

3.2 บันทึกปริมาตรที่ได้ เพื่อใช้คำนวณต่อไป

3.3 ทำ blank ตามวิธีการในข้อ 2 - 10 โดยไม่ใส่ตัวอย่าง

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{(A-B) \times N\ HCL \times 1.4 \times 100}{W \times 100}$$

ปริมาณโปรตีนทั้งหมด (ร้อยละโดยน้ำหนัก) = ปริมาณไนโตรเจน x F

เมื่อ A = ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไทเทรต blank (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (นอร์มอล)

Wt = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

F = 6.25

ตารางผนวก แฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณปริมาณโปรตีนสำหรับอาหารชนิดต่างๆ

อาหาร	แฟกเตอร์
ธัญพืช	
แป้งสาลีจากข้าวทั้งเมล็ด	5.83
มักกะโรและสปาเก็ตตี้	5.70
ข้าวเจ้าและผลิตภัณฑ์	5.95
ข้าวไรน์และผลิตภัณฑ์	5.83
ข้าวบาเลย์และผลิตภัณฑ์	5.83
นัทและเมล็ดพืช	
ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์	5.71
แอลมอนด์	5.18
บราซิลนัท	5.46
มะพร้าว	5.30
เมล็ดงา ทานตะวัน คำฝอย และอื่นๆ	5.30
นมและผลิตภัณฑ์	6.38
อาหารอื่นๆ	6.25

2. **การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น** (A.O.A.C., 2000)

. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)
2) ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาปริมาณความชื้น (aluminium can/moisture can)
3) โถดูดความชื้น (desiccator)
4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1) อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 -105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง วางให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบซ้ำเป็นเวลา 30 นาที จนทราบน้ำหนักที่แน่นอน

2) ชั่งน้ำหนักให้ได้ตัวอย่างแน่นอนประมาณ 1 - 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมเกลี่ยตัวอย่างให้กระจาย

3) นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาวางให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักที่แน่นอนชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001 - 0.003 มิลลิกรัม แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(W_1-W_2)\times 100}{W_2}$$

W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

3. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) เตาเผา (muffle furnace)
2) ถ้วยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)
3) โถดูดความชื้น (desiccator)
4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1) เผาถ้วยกระเบื้องเคลือบเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิตช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30 – 45 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเผาลดลงก่อนแล้วนำออกจากเตาเผาใส่โถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

2) เผาซ้ำอีกครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมงและกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งติดต่อกัน 2 ครั้ง ไม่เกิน 0.001 - 0.003 มิลลิกรัม

3) ชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักแน่นอน (4 ตำแหน่ง) ประมาณ 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบที่รู้น้ำหนักแน่นอน แล้วนำไปเผาในตู้ดูดควันจนควันหมด แล้วจึงนำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส และกระทำซ้ำเช่นเดียวกันกับข้อ 1-2

การคำนวณ

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

4. **การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน** (ดัดแปลงจาก A.O.A.C., 2000)

อุปกรณ์ เครื่องมือและสารเคมี

1) เครื่องวิเคราะห์ไขมัน
2) เครื่องทำความเย็น (cooling bath)
3) บีกเกอร์สาหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (glass extraction beader)
4) หลอดใส่ตัวอย่าง (thimble)
5) ตู้อบไฟฟ้าทศนิยม 4 ตาแหน่ง
6) โถดูดความชื้น (desiccator)
7) ปิโตรเลียมอีเทอร์

วิธีการวิเคราะห์

1) อบบีกเกอร์สาหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมันในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก และทำซ้ำจนได้น้ำหนักคงที่ (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001-0.003 กรัม บันทึกน้ำหนักที่ได้

2) ชั่งตัวอย่างที่อบแห้งแล้ว 1-2 กรัม ลงบนกระดาษกรอง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน แล้วห่อใส่ใน ทิมเบิล (thimble) นาทิมเบิลใส่ลงในลวดรองแล้ววางลงในบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ 150 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน

3) ประกอบบีกเกอร์เข้ากับตัวเครื่องวิเคราะห์ไขมัน ทำการสกัดเป็นเวลา 30 นาที และชะล้างเป็นเวลา 60 นาที

4) จากนั้นนำบีกเกอร์ไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที วาง บีกเกอร์ให้เย็นในโถดูดความชื้นหรือจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก แล้วคำนวณปริมาณไขมัน ดังสมการ

การคำนวณ

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

5. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (Calculation)

$$\text{คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)} = 100 - (\text{ความชื้น}+\text{โปรตีน}+\text{ไขมัน}+\text{เถ้า}+\text{เยื่อใย})$$

6. การวิเคราะห์ปริมาณเยื่อใย (AOAC, 2000)

การเตรียมสารเคมี

- สารละลายกรดซัลฟูริกร้อยละ 1.25 เตรียมโดยตวงสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ปริมาตร 7.01 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร

- สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.25 เตรียมโดยชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 12.5 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร

- แอลกอฮอล์ร้อยละ 95 เตรียมโดยละลายแอลกอฮอล์ 960 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1,000 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

ชั่งตัวอย่างผงสาหร่าย 0.5 กรัม บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน (w) เติมสารละลายกรดซัลฟูริกร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด เป็นเวลา 30 นาที กรองและล้างกากด้วยน้ำร้อน เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 1.25 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด เป็นเวลา 30 นาที กรองและล้างกากด้วยน้ำร้อน นำกรวยกรองอบใน hot air oven ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 1 คืน นำมาวางให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก (w_1) และนำไปเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาวางให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก (w_2) คำนวณหาปริมาณเยื่อใยจากสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{(w_2-w_1) \times 100}{w}$$

โดย w = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

w_1 = น้ำหนักหลังจากอบแห้ง (กรัม)

w_2 = น้ำหนักหลังจากเผา (กรัม)

7. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ (DPPH scavenging activity method)ดัดแปลงจาก Fengiln (2004)

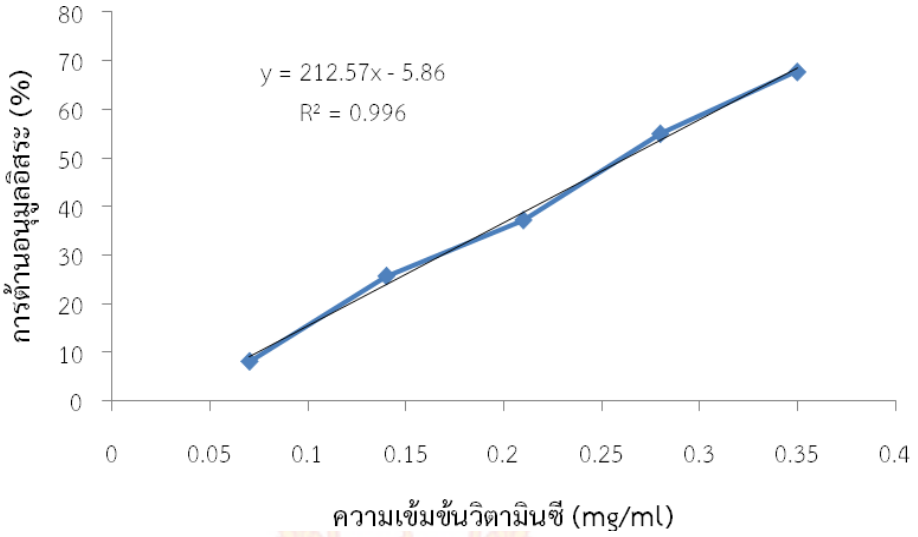
วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยนำสารสกัดแต่ละชนิดในเมทานอลที่มีความเข้มข้นต่างๆ กัน ปริมาตร 100 ไมโครลิตรแล้วเติมสารละลาย 1 mM DPPH ในเมทานอลปริมาตร 900 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากันบ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ค่าความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่ง ใส่เมทานอลเท่านั้นแทนสารสกัดเป็น blank และสารละลาย 10 mM ascorbic acid เป็น positive control การทดลองทำซ้ำ 3 ชุดการทดลอง นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การดักจับอนุมูลอิสระ DPPH° จากสมการ

$$\% \text{ scavenging} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$$

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

จากนั้นคำนวณหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถดักจับอนุมูลอิสระ DPPH° ได้ 50 เปอร์เซ็นต์) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % scavenging กับความเข้มข้นของสารละลาย



กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ DPPH scavenging activity

8. การวิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี ABTS ทำตามวิธี สุริสา และคณะ (2557)

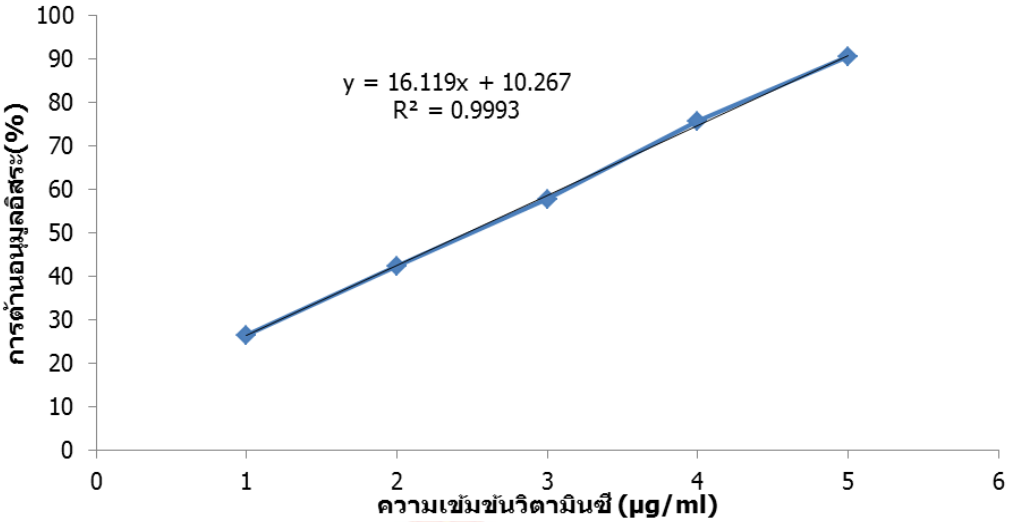
วิเคราะห์สารต้านอนุมูลอิสระโดยนำสารสกัดแต่ละชนิดในเมทานอลที่มีความเข้มข้นที่ 200, 400, 600, 800, 1000 μg/ml อย่างละ 2 ml และละลาย Vitamin C เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานด้วยตัวทำละลายเมทานอล ให้มีความเข้มข้นที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 μg/ml อย่างละ 2 ml ผสมสารละลายตัวอย่างหรือสารมาตรฐาน ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร และสารละลาย ABTS cation radical ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วนำสารผสมที่ได้เก็บไว้ในที่มืดเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร นำค่าที่วัดได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง จากสูตร

$$\% \text{ Inhibition} = [(A_{control} - A_{sample}) / A_{control}] \times 100$$

A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

$A_{control}$ = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

จากนั้นคำนวณหาค่า IC_{50} (ค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่สามารถดักจับอนุมูลอิสระ DPPH° ได้ 50 เปอร์เซ็นต์) จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % scavenging กับความเข้มข้นของสารละลาย



กราฟมาตรฐานสารต้านอนุมูลอิสระ ABTS scavenging activity

12. การวัดค่าสี L* , a* และ b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ

วัสดุอุปกรณ์

- ตัวอย่างอาหาร
- ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างใส่ภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง จากนั้นเกลี่ยตัวอย่างให้ครอบคลุมภาชนะบรรจุตัวอย่าง อย่าให้มีช่องว่างภายในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง
2. นำภาชนะที่บรรจุตัวอย่างไปวางบนเครื่องวิเคราะห์ค่าสีจากนั้นกดตัววิเคราะห์ จดบันทึกค่าสี L* ค่าสี a*และ ค่าสี b* ที่เครื่องอ่านได้

13. การหาค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (aw) โดยเครื่องวัดค่า aw

วัสดุอุปกรณ์

1. อุปกรณ์สำหรับเตรียมตัวอย่าง เช่น มีด เขียง เครื่องบดอาหาร
2. เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (water activity meter)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า

วิธีการวิเคราะห์

1. เตรียมเปิดเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ ทำการวอร์มเครื่องก่อนใช้งาน 30 นาที

2. Calibrate เครื่องด้วยสารละลาย NaCl ที่มีค่า Aw อยู่ในช่วงเดียวกับตัวอย่างอาหารที่ต้องการวัดค่าทุกครั้งก่อนใช้เครื่องหรืออาจใช้น้ำกลั่นในการ Calibrate โดยจะมีค่า Aw อยู่ในช่วง 0.997 - 1.003

3. บรรจุตัวอย่างบดละเอียดลงในภาชนะบรรจุที่ใช้สำหรับเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ให้ได้ประมาณ 1 ใน 3 ของภาชนะบรรจุ

4. เกลี่ยตัวอย่างให้กระจายให้ทั่วครอบคลุมพื้นที่ของก้นภาชนะบรรจุและตรวจสอบความสะอาดบริเวณขอบและด้านนอกของภาชนะบรรจุ

5. ใส่ภาชนะบรรจุไปในช่องใส่ตัวอย่าง หมุนปุ่มจากตำแหน่ง OPEN/LOAD ไปยังตำแหน่ง READ เครื่องจะเริ่มทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (วัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ)

6. เมื่อเครื่องทำการวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้เสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีสัญญาณเตือนที่หน้าจอของเครื่องจะแสดงค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่อ่านได้พร้อมอุณหภูมิของตัวอย่าง

7. บันทึกค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่วัดได้และทำความสะอาดเครื่องก่อนวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ของตัวอย่างต่อไป

14. การวิเคราะห์หาปริมาณเกลือ ด้วยวิธี AOAC ,.1900

อุปกรณ์และสารเคมี

- 0.1 N Silver nitrate solution
- 5% Potassium chromate
- น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 2 g ใส่ใน flask บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน
2. สกัดเกลือจากตัวอย่าง โดยเติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย ปั่นด้วยเครื่องผสม
3. เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้ได้ครบ 250 มิลลิลิตร
4. ดูดสารละลายที่ได้มา 25 มิลลิลิตร ใส่ flask ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. เติม 5% Potassium chromate ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
6. ไทเทรต กับ 0.1 N Silver nitrate solution จนถึงจุดยุติ ได้สีแดงอิฐ
7. ทำ blank เปรียบเทียบ

สูตรคำนวณ $\%NaCl = 0.00585 \times (A - B) \times (100/C) \times (250/25)$

A = ปริมาตรที่ไทเทรตได้ของตัวอย่าง
B = ปริมาตรที่ไทเทรตได้ของ blank
C = น้ำหนักตัวอย่าง

15. การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง

อุปกรณ์

1. pH meter

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่าง ประมาณ 20 กรัม เติมน้ำกลั่น ประมาณ 40 มิลลิลิตร
2. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
3. นำสารละลายตัวอย่างที่ได้มาวัดค่า ด้วย pH meter ซึ่งมีการปรับค่ามาตรฐานด้วยสารละลายที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 7 และ 4 ทำการวัดตัวอย่าง 3 ซ้ำ แล้วมาหาค่าเฉลี่ย

16. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยวิธี AOAC ,.2000

. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1) ตู้อบไฟฟ้า (hot air oven)
2) ภาชนะอะลูมิเนียมสำหรับหาปริมาณความชื้นพร้อมฝา (aluminium can/moisture can)
3) โถดูดความชื้น (desiccator)
4) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

วิธีการวิเคราะห์

1) อบถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝา ในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 100 -105 องศาเซลเซียส นาน 2-3 ชั่วโมง วางให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปอบซ้ำเป็นเวลา 30 นาที จนทราบน้ำหนักที่แน่นอน จนได้น้ำหนักที่แน่นอนชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001 - 0.003 มิลลิกรัม

2) ชั่งน้ำหนักให้ได้ตัวอย่างแน่นอนประมาณ 1 - 3 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมเกลี่ยตัวอย่างให้กระจาย

3) นำไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาวางให้เย็นในโถดูดความชื้นนาน 30 นาที แล้วชั่งน้ำหนัก นำไปอบซ้ำครั้งละ 30 นาที จนได้น้ำหนักที่แน่นอนชั่งทั้งสองครั้งติดต่อกันไม่เกิน 0.001 - 0.003 มิลลิกรัม แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณปริมาณความชื้นจากสูตร

การคำนวณ

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

ภาคผนวก ค

การตรวจสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ใบรายงานทดสอบทางประสาทสัมผัส

ใบรายงานผลการทดสอบความชอบ (Hedonic Scale)
ผลิตภัณฑ์.....ชุดที่.....
ชื่อผู้ทดสอบชิม.....วันที่.....เวลา.....
คาแนะนา กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาแล้วให้คะแนนความชอบตัวอย่างในแต่ละปัจจัยให้ใกล้เคียงกับความรู้สึกของท่านมากที่สุด

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

ปัจจัย	คะแนนความชอบตัวอย่าง			
	.....	.....	.....	.....
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
ลักษณะเนื้อสัมผัส				
ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ.....
.....
.....ขอบคุณ

ภาคผนวก ง

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

(Proceeding)

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ
PROCEEDINGS

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2565

The 5th National and International Research Conference 2022

NIRC V 2022

มหาวิทยาลัยเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นสู่เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน

(Universities for Local Development Based on Sustainable Development Goals)

QR Code รายงานการประชุมระดับชาติ (QR Code for National Proceedings)

QR Code รายงานการประชุมระดับนานาชาติ (QR Code for International Proceedings)

14 กุมภาพันธ์ 2565

ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

แบบ Online และ Onsite

ISBN (e-book) : 978-974-692-442-9

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลของรูปแบบชิ่วมวลและความเร็วลมที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาก๊าซชิ่วมวล ไพศาล ศุภิรัตนกุล ติเพชร ไชยศล	1017
ผลของการเสริมสารสกัดหยาบจากสาหร่ายก้ามกุ้งในอาหารต่อการเจริญเติบโต และความเข้มสีในกุ้งกุลาดำ วัฒนา วัฒนกุล อุไรวรรณ วัฒนกุล	1027
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากน้ำปูทะเลข้นหนืดผสมสาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์ อุไรวรรณ วัฒนกุล วัฒนา วัฒนกุล	1037
รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณากลั่นกรองคุณภาพบทความ	**1046**
รายชื่อคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิวิพากษ์การนำเสนอผลงานวิจัย	**1053**
คำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการกองบรรณาธิการรายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 5 พ.ศ.2565	**1057**

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสจากน้ำปูทะเลข้นหนืดผสมสาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์

Development of Seasoning Sauce from Condensed Sea Crab Mixed with hydrolyzed Kamkung *Algae (Chara corollina)*

อุไรวรรณ วัฒนกุล[1] วัฒนา วัฒนกุล[2]

[1,2]สาขาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
uraiwan.w@rmutsv.ac.th
wattana.w@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

การไฮโดรไลซ์ สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) จะได้โปรตีนไฮโดรไลเซท มีกลิ่นรสที่ช่วยให้เจริญอาหาร เมื่อนำมาใช้ร่วมกับน้ำปูทะเลนึ่ง ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือทางการประมงที่ผ่านการเคี่ยวจนได้เป็นน้ำปูข้นหนืด จะได้รสชาติเฉพาะและมีสารอาหารสูง มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ผลิตเป็นซอสข้นปรุงรส ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสจากสาหร่ายไฮโดรไลซ์ร่วมกับน้ำปูข้นหนืด ประเมินการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการศึกษาพบว่าสูตรที่เหมาะสม ประกอบด้วย สาหร่ายไฮโดรไลซ์ 6 กรัม น้ำปูข้นหนืด 30 กรัม น้ำ 200 กรัม น้ำตาลทราย 10 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 10 กรัม แป้งข้าวโพด 3.94 กรัม และพริกไทยป่น 0.06 กรัม ผลการประเมินการยอมรับของผู้บริโภคผลิตภัณฑ์พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมโดยเฉลี่ยในระดับปานกลาง มีคะแนนเท่ากับ 7.59 มีค่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน เถ้า เยื่อใย ของแข็งทั้งหมด และปริมาณเกลือ เท่ากับร้อยละ 52.35, 10.45, 9.63, 0.21, 47.67 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (aw) และค่า pH เท่ากับ 0.89 และ 7.10 ค่าที่ได้ไม่เกินมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของซอสหอยนางรม

คำสำคัญ : ซอสปรุงรส น้ำปูทะเลข้นหนืด สาหร่ายก้ามกุ้ง การไฮโดรไลซ์

Abstract

Kamkung algae (*Chara corollina*) was hydrolyzed to protein hydrolyzate. It has a flavor that helps appetite. Therefore, Blue Swimming Crab boiling water which is a fishery wasted material that has been simmered until it becomes condensed Sea Crab and a product with a specific flavor and high nutrition. It was suitable for applied to the seasoning sauce product. The objective of this research was to investigate the optimum formula for the seasoning sauce from hydrolyzed Kamkung algae mixed with condensed Sea Crab and to assess consumer acceptance. The results showed that formula of seasoning sauce consisted

of 6 g. hydrolyzed algae, 30 g. condensed Sea Crab and water, sugar, tapioca starch, corn flour and pepper were 200, 10, 10, 3.94 and 0.06 g. respectively. The results of the consumer acceptance assessment that they liked sause moderately with overall liking score of 7.59. The proximate analysis of the product showed that 52.35% moisture constant, 10.45 % protein, 9.63% ash, 0.21% fiber, 47.67% total solids and 0.83% salt content. Physical properties of the sauce were also determined water activity and pH were 0.89 and 7.10. These were complied the standard for sauce set by Thai Industrial Standards Institute.

Keywords : Seasoning Sauce, Condensed Sea Crab, Freshwater Alga (*Chara corollina*), Hydrolysis

1. บทนำ

ซอสปรุงรส (Seasoning sauce) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในการปรุงรสอาหารที่ช่วยกระตุ้นให้ผู้บริโภคอยากบริโภคมากขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2535) ซอสปรุงรสจะใช้เกลือโซเดียม (NaCl) เพื่อเพิ่มรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2553) ปัจจุบันซอสหอยนางรมเป็นเครื่องปรุงรสที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ผลิตโดยการย่อยโปรตีนจากหอยให้มีขนาดเล็กลง อยู่ในรูปกรดอะมิโนหรือเปปไทด์สายสั้น เรียกว่า โปรตีนไฮโดรไลเซท ทำให้ได้กลิ่นรสเฉพาะตัว นำมาแปรรูปเป็นซอสปรุงรสได้ ขณะเดียวกันก็ได้มีการพัฒนาสารปรุงแต่งรส โดยใช้สาหร่าย ซึ่งมีกรดอะมิโนกลูตาเมตเป็นองค์ประกอบ ให้รสชาติอูมามิ ซึ่งสามารถส่งเสริมรสเค็มในผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Kremer *et al*., 2009) จังหวัดกระบี่มีสาหร่ายน้ำจืดพื้นถิ่น คือ สาหร่ายก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) ซึ่งมีปริมาณโปรตีนค่อนข้างสูง มีสัดส่วนกรดอะมิโนจำเป็นมากกว่ากรดอะมิโนไม่จำเป็น 1.63 เท่า มีความน่าสนใจในการนำมาพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งรส ร่วมกับการใช้น้ำนึ่งปูทะเลข้นหนืด ที่ได้จากการนำน้ำต้มปูทะเลมาเคี่ยวจนหนืด เกิดกลิ่นหอมและมีรสเค็มธรรมชาติ มีคุณค่าทางสารอาหาร การนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อผลิตซอสข้นปรุงรส น่าจะมีความเป็นไปได้ โดยการใช้สาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์ เพิ่มปริมาณกรดอะมิโนและสารให้กลิ่น และน้ำปูทะเลข้นหนืด ซึ่งจัดเป็นวัสดุเศษเหลือทางการประมงที่มีสารอาหารหลงเหลืออยู่ มาเพิ่มมูลค่าและเพิ่มแนวทางการใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น เพราะมีหลายงานวิจัยที่ใช้โปรตีนไฮโดรไลเซทในผลิตภัณฑ์ปรุงรส แต่ยังไม่มีการใช้สาหร่ายร่วมกับน้ำปูทะเลข้นหนืดเป็นสารปรุงแต่งรส ซึ่งอาจเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ที่ชอบทานปูทะเล เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับผู้บริโภค การหาแนวทางผลิตผงปรุงรสให้อร่อยคงเดิม แต่ลดปริมาณเกลือโซเดียมลงจึงมีความจำเป็น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายน้ำจืดก้ามกุ้ง (*Chara corollina*) จากแหล่งน้ำธรรมชาติ มาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสร่วมกับน้ำปูทะลข้นหนืด และคัดเลือกสูตรต้นแบบที่เหมาะสม ตลอดจนทราบคุณสมบัติด้านเคมีกายภาพ และเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ ต่อยอดสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสโซเดียมต่ำ สำหรับผู้สูงวัยในอนาคต

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 ศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตซอสปรุงรสจากน้ำปูทะเลข้นหนืดร่วมกับสาหร่ายก้ามกุ้งที่ผ่านการไฮโดรไลซ์

2.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรสต้นแบบ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซทจากสาหร่ายก้ามกุ้งด้วยเอนไซม์

ใช้เอนไซม์ฟลาโวไซม์ (Flavozyme) เข้มข้นร้อยละ 15 ใส่ในขวดรูปชมพู่ อุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เอนไซม์พร้อมทำงาน และนำมาใช้ย่อยสลายสาหร่ายก้ามกุ้ง โดยใช้สาหร่ายสด 4 กรัม ใส่ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำกลั่นผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปรับค่า pH เป็น 7 เติมเอนไซม์ลงไปในขวด ใช้เวลาในการย่อยเป็น 12 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาด้วยความร้อน ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะได้สาหร่ายไฮโดรไลเซทใช้ในการผลิตซอสปรุงรส

3.2 การเตรียมน้ำต้มปูข้นหนืด ใช้ในผลิตภัณฑ์ซอสปรุงรส

เตรียมน้ำต้มปูม้าสด จากกลุ่มแปรรูปปูม้าในชุมชนต่างๆ ของ จังหวัดตรัง นำมาเคี่ยวร่วมกับใส่สมุนไพร(ตะไคร้ ใบขมิ้น ใบข่า) สัดส่วนของน้ำต้มปูม้า : สมุนไพร เท่ากับ 100 : 5 เพื่อช่วยดับกลิ่นคาว และเพิ่มกลิ่นหอม ใช้ไฟอ่อนปานกลาง เคี่ยวจนได้น้ำปูข้นหนืด หรือปริมาณลดลงจากเดิม 5 เท่า จากนั้นเก็บในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการนำไปผลิตน้ำซอสปรุงรส

3.3 การเตรียมและผลิตน้ำซอสปรุงรส

นำสาหร่ายก้ามกุ้งไฮโดรไลเซท และน้ำปูข้นหนืดที่เตรียมได้ มาผลิตเป็นเครื่องปรุงรสสูตรซอสปรุงรส โดยใช้สูตรส่วนผสมที่แตกต่างกัน จำนวน 4 สูตร ซึ่งจะใช้การเพิ่มปริมาณเป็นเท่าของสัดส่วนระหว่างสาหร่ายไฮโดรไลเซทต่อน้ำปูทะเลข้นหนืด (1:5) ดังตารางที่ 1 โดยดัดแปลงจากสูตรและวิธีการของ จิราภรณ์ จิตปราณี (2549) และนิศานารถ และคณะ (2559) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ทางเคมี และกายภาพตามการทดลองข้อที่ 3.4 และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale เพื่อประเมินทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ให้คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ส่วนคะแนนด้านรสชาติจะนำซอสข้นปรุงรส 2 กรัม ผัดกับผักบุ้ง 10 กรัม ด้วยไฟปานกลางนาน 2 นาที จึงเสิร์ฟให้ผู้ทดสอบ (ดัดแปลงจากวิธีของ วรรณบดี เอกปิยะกุล, 2549)

วิธีการผลิตน้ำซอสข้นปรุงรส

ผสมน้ำปูข้นหนืด กับน้ำสะอาด 100 กรัม คนให้เข้ากัน

⬇

เติมสาหร่ายไฮโดรไลเซท ,น้ำตาลทราย , พริกไทยป่น และตั้งไฟอ่อน กวนจนน้ำตาลละลาย

⬇

เตรียมส่วนผสมแป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดกวน เติมน้ำ 100 กรัม กวนให้เข้ากัน

⬇

ค่อยๆเติมส่วนผสมแป้งลงไป กวนให้เข้ากัน ประมาณ 5 นาที หรือจนได้น้ำซอสข้นหนืด

⬇

บรรจุขวดแก้วที่ต้มด้วยน้ำเดือด ขณะร้อน ปิดฝาทันที แล้วแช่ในน้ำเย็น ประมาณ 30 นาที

⬇

ผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส

ตารางที่ 1 ปริมาณวัตถุดิบส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร

สูตรที่	สูตร 1 (พื้นฐาน)	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
สาหร่ายไฮโดรไลเซท (กรัม)	4	6	8	10
น้ำปูข้นหนืด (กรัม)	20	30	40	50
น้ำ (กรัม)	200	200	200	200
น้ำตาลทราย (กรัม)	10	10	10	10
แป้งมันสำปะหลัง (กรัม)	10	10	10	10
แป้งข้าวโพด (กรัม)	3.94	3.94	3.94	3.94
พริกไทยป่น (กรัม)	0.06	0.06	0.06	0.06

3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์

นำวัตถุดิบหลัก และ น้ำซอสปรุงรสจากข้อ 3.3 จำนวน 4 สูตร มาวิเคราะห์หาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งทางเคมี และกายภาพ ดังต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์ คุณภาพทางด้านกายภาพ มีการวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.1.1 วัดค่าสี L*, a*, b* โดยเครื่องวัดสี Color Flex EZ

3.4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี มีการวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.2.1 ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Aw) โดยเครื่องวัดค่า a_w

3.4.2.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ด้วยวิธี AOAC (2005)

3.4.2.3 วิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ด้วยวิธี AOAC (2000)

3.4.2.4 ปริมาณโปรตีนโดยวิธี Kjeidahl distillation (AOAC, 1998)

3.4.2.5 ปริมาณไขมัน โดยวิธี Soxhlet extraction method (AOAC, 1990)

3.4.2.6 ปริมาณเถ้า โดยวิธี dry ashing method (AOAC, 2000)

3.4.2.7 ปริมาณความชื้น โดยวิธี Loss on drying at 135°C (AOAC, 2000)

3.4.2.8 วิเคราะห์ปริมาณเกลือ (% NaCl) (AOAC.1990)

3.4.2.9 ปริมาณเส้นใยอาหารทั้งหมด (Dietary fiber) ตามวิธี AOAC (2000)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลอง ด้วยวิธี Duncan's New multiple range test : DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

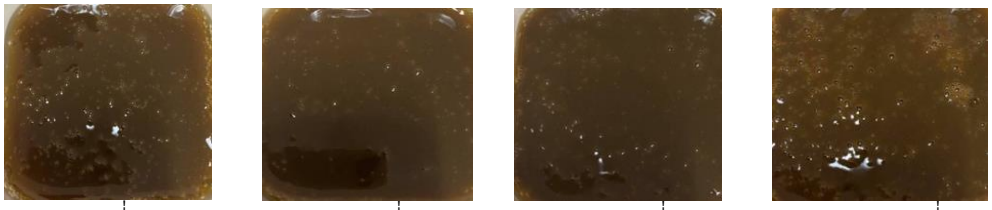
4. ผลการวิจัย

การผลิตซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 2) ของวัตถุดิบหลัก ได้แก่ สาหร่ายไฮโดรไลเซท น้ำปูทะเลข้นหนืด และซอสข้นปรุงรส (ภาพที่ 1) พบว่า ในน้ำปูข้นหนืดที่ความชื้นร้อยละ 21 มีปริมาณโปรตีนและเถ้าสูง (ร้อยละ43 และ 32 ตามลำดับ) มีไขมันต่ำ ขณะที่สาหร่ายไฮโดรไลเซท จะมีปริมาณสารอาหาร ได้แก่ โปรตีน ไขมัน และเยื่อใย เป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีความเหมาะสมในการจะนำมาผลิตน้ำซอสปรุงรสที่น่าจะเพิ่มปริมาณสารอาหารในผลิตภัณฑ์ได้ โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กำหนดให้ซอสปรุงรส มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 12

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 (ก) สาหร่ายไฮโดรไลเซท (ข) น้ำปูข้นหนืด และ(ค) ซอสข้นปรุงรส



สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 สูตรที่ 4

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส ทั้ง 4 สูตรทดลอง

คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

เมื่อนำมาผลิตน้ำซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร (ภาพที่ 2) และนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ (ตารางที่ 3) จากการวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ค่าสี L* a* และ b* ของซอสข้นปรุงรส มีค่า L* a* และ b* มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้น้ำปูข้นหนืดและสาหร่ายไฮโดรไลซ์ ส่งผลให้สูตรที่ 4 มีค่าสี L* a* b* สูงที่สุด และสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด โดยค่า L* อยู่ ในช่วง 16.29 ถึง 21.03 และค่า a*อยู่ ในช่วง 1.77 ถึง 4.10 ส่วนค่า b* อยู่ ในช่วง 7.56 ถึง 12.39 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี (ตารางที่ 3) จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ของซอสข้นปรุงรสสูตรที่ 2 ให้ค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.89 ส่วนสูตรที่ 1 ให้ค่าสูงสุด เท่ากับ 0.96 ส่งผลต่อการเน่าเสียเกิดได้ง่ายกว่า ส่วนการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่า ค่า pH ของสูตรที่ 2 และ 3 มีค่าไม่ต่างกัน อยู่ในช่วง 7.10 – 7.14 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1 และ 4 แต่ทั้ง 4 สูตร มีค่า pH ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ 4.4

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายก้ามกุ้ง สาหร่ายไฮโดรไลเซท และน้ำปูทะเลข้นหนืด

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	สาหร่ายก้ามกุ้ง (สด)	สาหร่ายไฮโดรไลเซท	น้ำปูทะเลข้นหนืด
ปริมาณความชื้น	90.57±0.06	88.99±0.14	21.10±0.11
ปริมาณเถ้า	13.45±0.31	2.58±0.31	32.05±1.45
ปริมาณโปรตีน	5.28±0.24	7.69±0.18	43.08±0.68
ปริมาณไขมัน	1.65±0.38	0.39±0.08	0.27±0.03
ปริมาณเยื่อใย	2.31±0.01	1.68±0.38	-

การวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำซอสข้นปรุงรส (ตารางที่ 4) พบว่าทั้ง 4 สูตร มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่ 2 มีค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดมากที่สุด คือร้อยละ 47.65 รองลงมาได้แก่ สูตร 3, 4 และ 1 มีค่าเท่ากับร้อยละ 36.58, 35.76 และ 27.24 ตามลำดับ ซึ่งไม่ต่ำกว่ามาตรฐานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ ร้อยละ 20 เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณเกลือ (NaCl) พบว่าทั้ง 4 สูตร มีค่าไม่แตกต่างกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 0.82-0.83

คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 5 พบว่าสูตรที่ 2 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด (ร้อยละ 52.35) ส่วนปริมาณโปรตีน และเถ้า มีค่าสูงที่สุด (ร้อยละ 10.45 และ 9.63 ตามลำดับ) ซึ่งมีค่าสูงกว่าสูตรอื่น ส่วนปริมาณเยื่อใยในสูตรที่ 1, 2, 3 มีค่าไม่ต่างกัน ยกเว้นในสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 0.38 ทั้งนี้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี มีแนวโน้ม เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณการเติมสาหร่ายไฮโดรไลเซทและน้ำปูข้นหนืดในผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 3 คุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ ของน้ำซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร

ซอสข้นปรุงรส	คุณภาพทางด้านกายภาพ			คุณภาพทางด้านเคมี	
	ค่าสี			ปริมาณน้ำอิสระ	ค่ากรด-ด่าง
	*L**	*a**	*b**	(a_w)	(pH)
สูตร 1	16.29±0.29^{d}	1.77±0.00^{d}	7.56±0.17^{d}	0.962±0.01^{a}	7.35±0.01^{a}
สูตร 2	17.24±0.29^{c}	2.86±0.04^{c}	9.24±0.18^{c}	0.899±0.01^{c}	7.10±0.01^{c}
สูตร 3	20.18±0.02^{b}	3.81±0.04^{b}	11.65±0.06^{b}	0.930±0.00^{b}	7.14±0.02^{c}
สูตร 4	21.03±0.45^{a}	4.10±0.08^{a}	12.39±0.23^{a}	0.923±0.01^{b}	7.23±0.05^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 4 ปริมาณของแข็งทั้งหมด และปริมาณเกลือของน้ำซอสข้นปรุงรส 4 สูตร

ซอสข้นปรุงรส	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณเกลือ (เปอร์เซ็นต์)
สูตร 1	27.24±0.05[d]	0.82±0.00
สูตร 2	47.65±0.11[a]	0.83±0.00
สูตร 3	36.58±0.10[b]	0.83±0.00
สูตร 4	35.76±0.07[c]	0.83±0.00

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางเคมีของน้ำซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร

ซอสข้นปรุงรส	ปริมาณของสารประกอบหลักในอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			
	ความชื้น	โปรตีน	เถ้า	เยื่อใย
สูตร 1	72.76±0.05[a]	4.71±0.16[c]	4.60±0.26[d]	0.23±0.05[b]
สูตร 2	52.35±0.11[c]	10.45±0.13[a]	9.63±0.09[a]	0.21±0.03[b]
สูตร 3	63.42±0.10[b]	9.09±0.53[b]	8.12±0.22[c]	0.18±0.03[b]
สูตร 4	66.57±3.99[b]	8.99±0.04[b]	8.53±0.20[b]	0.38±0.08[a]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

คะแนนทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรส ด้านรสชาติ กลิ่น ลักษณะปรากฏ และความชอบรวม พบว่าสูตรที่ 2 มีค่าการยอมรับดีที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1, 3 และ 4 ส่วนคะแนนการยอมรับทางด้านสี พบว่า สูตรที่ 3 มีค่าคะแนนการยอมรับดีที่สุด ส่วนสูตรอื่น มีค่าไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6) ดังนั้นจากการทดลองนี้ คะแนนความชอบรวมในสูตรที่ 2 ผู้บริโภคให้การยอมรับดีที่สุด มีค่าคะแนนสูงกว่า 7

ตารางที่ 6 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสูตรซอสข้นปรุงรสที่เหมาะสม

ซอสปรุงรส	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
สูตร 1	6.64±1.05 [b]	6.78±1.16[b]	6.80±0.26[b]	6.77±0.05[c]	6.87±0.05[b]
สูตร 2	7.21±1.11 [a]	7.19±1.13[b]	7.44±0.09[a]	7.51±0.03[a]	7.59±0.03[a]
สูตร 3	7.38±0.90 [a]	7.33±0.93[a]	7.13±0.22[b]	7.34±0.03[b]	7.32±0.03[b]
สูตร 4	6.58±0.99 [b]	6.91±1.04[b]	6.99±0.20[b]	6.50±0.08[c]	6.67±0.08[c]

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's multiple test (DMRT)

5. การอภิปรายผล

จากการศึกษาการผลิตซอสข้นปรุงรสทั้ง 4 สูตร โดยใช้วัตถุดิบหลักได้แก่สาหร่ายไฮโดรไลเซท และน้ำปูทะเลข้นหนืด การทดลองชี้ให้เห็นว่าองค์ประกอบทางเคมีในวัตถุดิบหลักได้แก่ ปริมาณโปรตีน เถ้า และเยื่อใยสูง มีส่วนส่งเสริมการเพิ่มปริมาณสารอาหารในซอสข้นปรุงรส โดยให้ค่าเข้าเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยน้ำซอสข้นปรุงรสแต่ละสูตร มีส่วนประกอบหรือปริมาณวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตต่างกัน ทำให้ซอสข้นปรุงรสที่ผลิตออกมามีลักษณะทางกายภาพ ทั้งด้านสีที่ปรากฏและปริมาณของแข็งทั้งหมดต่างกัน โดยค่า L* a* b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้สาหร่ายไฮโดรไลเสทและน้ำปูข้นหนืดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการค่า L* ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสว่างของตัวอย่าง ดังนั้นตัวอย่างที่มีน้ำอยู่มากจะส่งผลให้เกิดการกระเจิงของแสงได้มากกว่า ทำให้ค่าสีที่วิเคราะห์ได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับดีที่สุด ได้แก่ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ สาหร่ายไฮโดรไลเซท 6 กรัม และน้ำปูทะเลข้นหนืด 30 กรัม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณภาพสารประกอบหลักในอาหารที่พบว่า สูตรที่ 2 ให้ค่าปริมาณโปรตีน เถ้า และและค่าของแข็งทั้งหมดสูงที่สุด ใกล้เคียงกับการผลิตซอสเคยของสุทธิณี ตันติปัญญาเทพ (2551) ที่ได้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน ความชื้น และเถ้า เท่ากับร้อยละ 6.79, 60.48, และ 10.93 ตามลำดับ แต่ต่างจากซอสปรุงรสกะเพราะจากน้ำหมักกะปิ ของสุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต (2557) พบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน เถ้า ความชื้น และ เกลือ เท่ากับร้อยละ 2.50 1.70 93.07 และ 1.53 ตามลำดับ ส่วนค่า Aw เท่ากับ 0.917 และ pH เท่ากับ 7.69 ขณะที่ผลิตภัณฑ์นี้ได้เยื่อใยจากสาหร่าย เท่ากับร้อยละ 0.21 ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงเป็นกลาง (pH 7.10) และปริมาณเกลือมีค่าต่ำ (ร้อยละ 0.83) แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของซอสข้นปรุงรสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ของซอสหอยนางรม มอก 1317-2538 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประมง, 2538) มีความเหมาะสม และเป็นไปได้ในการพัฒนาสูตรต้นแบบให้เป็นผลิตภัณฑ์ซอสข้นปรุงรสเชิงการค้าในโอกาสต่อไป

6. สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การใช้สาหร่ายไฮโดรไลเซท และน้ำปูทะเลข้นหนืด ในการผลิตซอสข้นปรุงรส ได้สูตรที่เหมาะสมที่สุดทั้ง องค์ประทางเคมี สมบัติทางกายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค ได้แก่ สูตรที่ 2 ซึ่งเป็นสูตรที่ใช้ สาหร่ายไฮโดรไลเซท 6 กรัม และน้ำปูทะเลข้นหนืด 30 กรัม ต่อปริมาตรซอสข้นปรุงรส 260 กรัม

7. ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาและการบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

8. คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบรายได้ประจำปีงบประมาณ 2564

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2553). *รายงานประจำปี 2553*. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

จิราภรณ์ จิตต์ปราณี. (2549). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์สาหร่ายข้นปรุงรส*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิสานารถ กระแสร์ชล วิชมณี ยืนยงพุทธกาล ผู้และ สิริมา ชินสาร. (2558). *การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเสทจากหมึกกะตอยด้วยเอนไซม์ และการประยุกต์ใช้ในซอสชนิดข้น*. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

วรรณบดี เอกปิยะกุล. (2549). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสหอยแครง*. ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต, สาขาผลิตภัณฑ์ประมง, คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ศิวาพร ศิวเวชช. (2535). *วัตถุเจือปนอาหาร*. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพมหานคร.

สุทธิณี ตันติปัญญาเทพ. (2551). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสเคย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช และชุตินุช สุจริต. (2557). *การผลิตซอสปรุงรสกะเพราจากน้ำหมักกะปิ*. เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน ครั้งที่ 4 ประจำปี 2557 ม.ขอนแก่น, ขอนแก่น, หน้าที่ 427-432.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประมง. (2538). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมซอสหอยนางรม*. มอก. 1317-2538 กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร

AOAC (Association of official Analytical I Chemists). (2000). *Official Methods of Analysis. Association of official Analytical I Chemists*. Washington D.C.

Kremer, S., Mojet, J. and Shimojo, R. (2009). Salt reduction in foods using naturally brewed soy sauce. *Journal of Food Science*. 74: 255-262.

Lee, G.H. 2011. A salt substitute with low sodium content from plant aqueous extracts. *Food Research International*. 44: 537-543