ผลของสาหร่ายไส้ไก่ที่มีต่อคุณภาพทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของปลานิลอบกรอบผสมสาหร่าย

Effect of Dried Green Seaweed (*Ulva intestinalis*) on Physical Chemical Properties and Sensory Evaluation in Crispy Tilapia Snack with Seaweed Supplement

ปฏิภาณ พึ่งธรรมคุณ [1] เอกปวีร์ ชวนประสิทธิ์กุล [1] จันทนา ไพรบูรณ์ [2] และ จีรวรรณ มณีโรจน์ [1*]

Patipan Phuengthammakhun [1], Aekpavee Chuanprasitkul [1], Jantana Paiboon [2] and Jirawan Maneerote [1*]

Received: 25 February 2021, Revised: 19 May 2021, Accepted: 22 June 2021

บทคัดย่อ

สาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis Linnaeus*) เป็นสาหร่ายที่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร สามารถนำไปเติมในอาหาร เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ โดยศึกษาสัดส่วนระหว่างซูริมิและปลานิลที่เหมาะสม แปรอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล 3 ระดับ (100:0 70:30 และ 50:50 โดยน้ำหนัก) และศึกษาปริมาณของสาหร่ายไส้ไก่แห้งที่เหมาะสม โดยแปรสัดส่วนของสาหร่าย 3 ระดับ (ร้อยละ 1 3 และ 5) โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุมที่ไม่ใส่สาหร่าย ศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาพบว่า ตัวอย่างที่มีอัตราส่วนของซูริมิ และปลานิลที่ 70:30 โดยน้ำหนัก มีค่าความกรอบมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นที่ทำการทดลอง สอดคล้องกับคะแนนเฉลี่ยความชอบในด้านกลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และปลานิลที่ 70:30 โดยน้ำหนัก เป็นสูตรที่เหมาะสม การศึกษาปริมาณของสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสม พบว่า ค่า a_w และค่าความกรอบในตัวอย่างที่ร้อยละ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างควบคุม ส่วนค่าความสว่าง (L*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างที่มีปริมาณของสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 1 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ย ด้านกลิ่น ความกรอบ และความชอบรวม ในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง (6.70 คะแนน) ดังนั้นความเข้มข้นของสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 3 เป็นระดับที่เหมาะสมในการผลิตปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

---

[1] ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[1] Department of Fishery Products, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan, Ladyao, Chatujak, Bangkok 10900, Thailand.

[2] ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

[2] Department of Fisheries, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan, Ladyao, Chatujak, Bangkok 10900, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): ffisjwm@ku.ac.th

สาหร่ายไส้ไก่แห้งมี ศักยภาพในการนำไปเติมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารในผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว และให้ประโยชน์ต่อสุขภาพ

คำสำคัญ: สาหร่ายไส้ไก่, ปลานิลอบกรอบ, ขนมขบเคี้ยว, ปลานิล, สาหร่ายทะเล

ABSTRACT

Ulva intestinalis Linnaeus is a high nutritional value of green algae. It can be supplemented in food to increase nutritional value in food products. Thus, the main objective of this study was to develop crispy Tilapia snack supplemented with dried green seaweed. The optimal ratio between surimi and mince fish (Nile tilapia) was investigated in three ratios: 100:0, 70:30 and 50:50 w/w. The optimal concentration of dried green seaweed was also quantified through three concentrations: 1%, 3% and 5 % w/w, compared with control sample of 0% of dried green seaweed. Chemical physical and sensory evaluation of crispy tilapia snack were determined. The results revealed that crispness of sample at ratio 70:30 was significantly higher ($p \leq 0.05$) than those in other samples as well as high average sensory score in flavor, taste, crispness and overall acceptance. The ratio of surimi and mince fish at 70:30 w/w was optimal and used to investigate the optimal concentration of dried green seaweed. The result showed that a_w and crispness in sample at 3 % concentration of dried seaweed showed no significant different ($p > 0.05$) with control sample. Lightness (L*) and yellowness (b*) of sample at 3% concentration of dried seaweed were not significantly different ($p > 0.05$) from the sample at 1% concentration of dried seaweed. Sensory panelists moderately preferred the sample with 3% concentration of dried green seaweed in odor, crispness and overall acceptance (6.70). Thus, the concentration at 3% of dried gut weed was optimal for adding in crispy Tilapia snack. Dried *Ulva intestinalis* has a potential to apply in snack products with beneficial health effects.

Key words: *Ulva intestinalis*, fish snack, snack, Nile tilapia, seaweed

บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนหันมาเลือกรับประทานผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเพื่อสุขภาพมากขึ้น โดยอาหารสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพในประเทศไทยมีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 6,300 ล้านบาท (Food Intelligence Center, 2017) ส่วนตลาดของขนมขบเคี้ยวมีมูลค่าสูงถึง 37,236 ล้านบาท และมีแนวโน้มเติบโตขึ้นทุกปี (Eukeik.ee, 2019) ซึ่งปลานิลอบกรอบ (Fish Snack) เป็นผลิตภัณฑ์จากปลาที่นำเนื้อปลาบดละเอียดปรุงรสแล้วทำเป็นแผ่นตากหรืออบให้แห้ง ทำให้กรอบด้วยการทอดหรืออบกรอบ ใช้เป็นอาหารว่างเสริมโปรตีนราคาถูก (Preechanon, 1988) เนื้อปลามีโปรตีนประมาณร้อยละ 17-23 ซึ่งเป็นโปรตีนที่ย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ เหมาะสมต่อการนำมาเป็นของว่างให้เด็กวัยเรียน ผู้สูงอายุ และผู้ป่วยที่ระบบการย่อยอาหารทำงานได้ไม่เต็มที่ (Wongnok, 2012) ส่วนสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva*

intestinalis) เป็นสาหร่ายสีเขียว มีแทลลัสลักษณะอ่อนนุ่ม และมีวงจรชีวิตสั้น (Reine and Trono, 2001) พบได้ทั่วไปบริเวณแหล่งน้ำกร่อย (Guiry, 2020) สาหร่ายไส้ไก่ อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร เช่น โปรตีน แร่ธาตุ กรดอะมิโน กรดไขมัน และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ (Murata and Nakazoe, 2001) สาหร่ายไส้ไก่มีการผลิตโดยเลี้ยงร่วมกับการเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งในช่วงที่มีการเจริญเติบโตมีผลผลิตสูงถึง 1.5 ตันน้ำหนักเปียก หรือ 142 กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ ซึ่งเป็นปริมาณผลผลิตที่สูงมาก (Ratana-arporn *et al*., 2009) สาหร่ายไส้ไก่มักถูกใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ มีการศึกษาโดยนำใช้ประโยชน์ในเชิงอาหารสำหรับมนุษย์ไม่มากนัก เช่น นำมาบริโภคโดยตรง เป็นสารให้กลิ่นรสซีฟู้ด หรือ ผสมในข้าวเกรียบ (Tanuttawongcharoen *et al*., 2012) เป็นต้น ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของสาหร่ายไส้ไก่ และเพิ่มคุณค่าอาหารให้กับขนมขบเคี้ยว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ โดยศึกษาสัดส่วนของปลานิลและซูริมิที่เหมาะสม และปริมาณสาหร่ายที่เหมาะสมเพื่อขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และศึกษาผลของสาหร่ายไส้ไก่แห้งที่มีต่อคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ สูตรต้นแบบและกระบวนการผลิตของปลานิลอบกรอบ

วัตถุดิบซูริมิหรือเนื้อปลาบด เป็นเนื้อปลาทรายแดงแช่เยือกแข็ง เกรด AA จากบริษัทแปซิฟิกมารีนฟู้ด จำกัด จังหวัดสมุทรสาคร ขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง ภายในเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อทำการทดลองนำมาทำการละลายที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนการผลิต ส่วนปลานิล ซีอิ๊วขาว ซีอิ๊วดำ ลูกผักชี (เป็นเครื่องเทศเพื่อให้กลิ่นรสที่ช่วยกลบกลิ่นคาวของปลาและซูริมิ) พริกไทยป่น และเกลือ ซื้อจากซุปเปอร์มาร์เก็ต เขตจตุจักร กรุงเทพ ประเทศไทย

สูตรต้นแบบจาก Raksakulthai *et al.* (2002) โดยเตรียมเนื้อปลาบด 1000 กรัม ล้างด้วยน้ำเกลือ 0.3% บดเนื้อปลาให้ละเอียดแล้วเคล้าส่วนผสมกับเนื้อปลา ได้แก่ ซีอิ๊วขาว 50 กรัม ซีอิ๊วดำ 5 กรัม น้ำ 100 กรัม น้ำตาลทราย 100 กรัม ลูกผักชี 2 กรัม พริกไทยป่น 2 กรัม และเกลือ 4 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 1 ทำการรีดเป็นแผ่นบางๆ ในถุงร้อน จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ตัดเป็นชิ้นเล็ก แล้วนำไปอบด้วยไมโครเวฟที่กำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 10 นาที (Pansawad *et al*., 2018)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมต้นแบบของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบกรอบ

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
เนื้อปลาบด	1,000
ซีอิ้วขาว	50
ซีอิ้วดำ	5
น้ำเย็น	100
น้ำตาลทราย	100
ลูกผักชี	2
พริกไทยป่น	2
เกลือ	4

ที่มา: Raksakulthai *et al*. (2002)

2. ศึกษาอัตราส่วนของเนื้อปลาที่เหมาะสมในการผลิตปลานิลอบกรอบ

ศึกษาวิธีการผลิตปลานิลอบกรอบกรอบ จำนวน 3 สูตร ซึ่งดัดแปลงมาจากสูตรต้นแบบ (Raksakulthai *et al*., 2002) โดยให้สูตรที่ 1 2 และ 3 แปรอัตราส่วนระหว่างเนื้อปลานิล และซูริมิที่ 100:0 70:30 และ 50:50 ตามลำดับ ให้อัตราส่วนแป้งมันคงที่ที่ร้อยละ 5 ดังตารางที่ 2 จากนั้นเตรียมกระบวนการผลิตตามสูตรต้นแบบ โดยเตรียมเนื้อปลานิลแล่แล้วทำการล้างเนื้อปลานิลแล่ด้วยน้ำเกลือ ร้อยละ 0.3 สับเป็นชิ้นเล็ก นำไปสับผสมกับซูริมิให้ละเอียดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมเกลือแล้วสับผสมเป็นเวลา 30 วินาที ใส่น้ำเย็นแล้วสับผสมเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นทำการใส่ซอสปรุงรสภูเขาทอง น้ำตาล พริกไทยป่น แล้วสับผสมเป็นเวลา 30 วินาที ตามด้วยการใส่แป้งมันแล้วสับผสมเป็นเวลา 1 นาที โดยมีปริมาณของส่วนผสมดังตารางที่ 2 นำปลาบดที่ทำการผสมแล้วใส่ลงในถุงร้อน 70 กรัม จากนั้นรีดเป็นแผ่นบางในถุงพลาสติกขนาด 8 × 12 นิ้ว จนมีความหนา 1 มิลลิเมตร นำไปอบแห้งขั้นต้น ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 นาที จากนั้นทำการกลับด้านถุงพลาสติก ตัดถุงพลาสติกออกที่ด้านบนแล้วทำการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตัดให้มีขนาด 3 × 3 เซนติเมตร ก่อนนำไปอบสุกด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นกลับด้านก่อนนำไปอบด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 600 วัตต์ เป็นเวลา 5 นาที ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่ได้ เก็บใส่ถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพของปลานิลอบกรอบต่อไป

ตารางที่ 2 อัตราส่วนของส่วนผสมแต่ละสูตรที่ทำการศึกษา

ส่วนประกอบ	อัตราส่วนระหว่างซูริมิและปลานิล		
(กรัม)	100:0	70:30	50:50
ซูริมิปลาทรายแดง	78.5	55.0	39.5
เนื้อปลานิลบด	0.0	23.5	38.0
แป้งมัน	4.0	4.0	4.0
ซอสปรุงรสภูเขาทอง	4.0	4.0	4.0
น้ำเย็น	8.7	8.7	8.7
น้ำตาลทราย	4.0	4.0	4.0
พริกไทยป่น	0.5	0.5	0.5
เกลือ	0.3	0.3	0.3
รวม	100	100	100

ที่มา: ดัดแปลงจาก Raksakulthai *et al*. (2002)

รายละเอียดการวิเคราะห์คุณภาพของปลานิลอบกรอบ

2.1 การวิเคราะห์ความชื้น ใช้วิธีการ AOAC (2000) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

- การวิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ระบบ L* a* และ b* (ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น M-3500d Spectrophotometer, ประเทศญี่ปุ่น) โดยนำตัวอย่างปลานิลอบกรอบมาใส่ในภาชนะควอซต์รูปทรงกระบอก ที่ใช้สำหรับวัดตัวอย่าง กลับด้านตัวอย่างในการวัดแต่ละครั้ง โดยวิเคราะห์สูตรละ 5 ตัวอย่าง และตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

- การวิเคราะห์ค่าความเปราะ ความแข็ง และความกรอบด้วยเครื่องวัดค่าเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) (ยี่ห้อ Stable Micro System, รุ่น TA-XT Plus) โดยใช้หัววัดทรงกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร (SMS P5S) กดตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่วางอยู่บนฐานทรงกระบอก กำหนดความเร็วหัววัดก่อนสัมผัสตัวอย่าง(pretest speed) 1.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหัวกด (test speed) 2.0 มิลลิเมตร/วินาที ความเร็วหัววัดหลังสัมผัสตัวอย่าง (post speed) 10 มิลลิเมตร/วินาที นำข้อมูลที่ได้ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปในเครื่องวัดเนื้อสัมผัส บันทึกค่าความเปราะ (Fracturability) ความแข็ง (Hardness) และค่าความกรอบ (Crispy) โดยวัดค่า 20 ซ้ำต่อตัวอย่าง (ดัดแปลงจากวิธีของ Nguyen *et al*., 2013)

- การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (Water activity Meter) (ยี่ห้อ AQUA LAB by Decagon รุ่น 4TE, ประเทศอเมริกา) โดยใส่ตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่บดให้เป็นชิ้นเล็ก ใส่ลงในภาชนะ พลาสติกสำหรับวัดค่า water activity ให้มีปริมาตร 4 ใน 5 ของภาชนะ นำตัวอย่างไปวัดค่า โดยวัดค่า 3 ซ้ำ ต่อตัวอย่าง

2.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสำหรับสูตรทั้ง 3 สูตรด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ โดย 1 คะแนน คือ ไม่ชอบมากที่สุด และ 9 คะแนน คือ ชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 40 คนทำการทดสอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความกรอบ ความชอบโดยรวม และการยอมรับโดยรวม (9-Point Hedonic Scale)

3. การศึกษาปริมาณผงสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสมในการผลิตปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบจากการศึกษาในข้อ 2 จากนั้นนำมาศึกษาปริมาณผงสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ แปรปริมาณสาหร่ายที่ใช้แตกต่างกันที่ 4 ระดับคือร้อยละ 0, 1, 3 และ 5 โดยแทนที่น้ำหนักของซูริมิในแต่ละสูตร ดังแสดงในตารางที่ 3 นำมาผ่านกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับที่อธิบายไว้ในข้อ 2 ข้างต้น

ตารางที่ 3 อัตราส่วนของส่วนผสมในแต่ละสูตรที่ทำการศึกษาการเติมผงสาหร่ายไส้ไก่ในผลิตภัณฑ์ ปลานิลอบกรอบปริมาณร้อยละ 0, 1, 3 และ 5

ส่วนประกอบ (กรัม)	ร้อยละของสาหร่ายไส้ไก่			
	Control (ร้อยละ 0)	ร้อยละ 1	ร้อยละ 3	ร้อยละ 5
ซูริมิ	55.0	54.0	52.0	50.0
ปลานิล	23.5	23.5	23.5	23.5
สาหร่ายไส้ไก่	0.0	1.0	3.0	5.0
แป้งมัน	4.0	4.0	4.0	4.0
ซอสปรุงรสฝาเขียว	4.0	4.0	4.0	4.0
น้ำเย็น	8.7	8.7	8.7	8.7
น้ำตาลทราย	4.0	4.0	4.0	4.0
พริกไทย	0.5	0.5	0.5	0.5
เกลือ	0.3	0.3	0.3	0.3
รวม	100	100	100	100

เมื่อได้ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่นำมาวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความชื้นใช้วิธีการ AOAC (2000) วิเคราะห์ 3 ซ้ำ

3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส และ a_w ดังวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.2

3.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสดังวิธีเช่นเดียวกับข้อ 2.3

4. ศึกษาคุณลักษณะทางเคมีกายภาพของปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

เมื่อได้ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่ปริมาณที่เหมาะสม นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีกายภาพ ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.1.1 วิเคราะห์หาปริมาณความชื้นด้วยวิธีการของ AOAC (2000) จำนวน 3 ซ้ำ

4.1.2 วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนด้วยวิธีการของ AOAC (2000) จำนวน 3 ซ้ำ

4.1.3 วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าด้วยวิธีการของ AOAC (2000) จำนวน 3 ซ้ำ

4.2 การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส และ a_w ดังข้อ 2.2

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design: CRD)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ ที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล 100:0 70:30 และ 50:50

1.1 ปริมาณความชื้น และ a_w ของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบแสดงดังภาพที่ 1 ผลจากการศึกษาปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบพบว่า ปลานิลอบกรอบสูตรไม่มีเนื้อปลานิล (100:0) และอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิลที่ 70:30 โดยน้ำหนัก มีปริมาณความชื้นแตกต่างจากปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนซูริมิต่อปลานิล ที่ 50:50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 3 พบว่าเมื่อปริมาณเนื้อปลานิลเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลง โดยสูตรที่มีเนื้อปลานิลร้อยละ 50 มีความชื้นเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 2.96 ส่วนปลานิลอบกรอบสูตรไม่มีเนื้อปลานิล และอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิลที่ 70:30 มีปริมาณความชื้นร้อยละ 3.55 และ 3.45 ตามลำดับ โดยปริมาณความชื้นที่ทำการศึกษาในแต่ละสูตรมีค่าน้อยกว่าปลานิลอบกรอบที่ผลิตด้วยวิธีการทอดด้วยน้ำมัน ที่มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 6.45 ถึง 7.55 (Preechanon, 1988) ส่วนการวิเคราะห์ค่า a_w ในปลานิลอบกรอบ พบว่าปลานิลอบกรอบทั้งสามสูตรมีค่า a_W ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.44 ถึง 0.45 ซึ่งมีค่ามากกว่าปลานิลอบกรอบที่ทำจากปลาน้ำดอกไม้ และปลาอินทรีย์ (Mesomya *et al*., 2013) ที่มีค่า a_w อยู่ที่ 0.354 และ 0.405 ตามลำดับ โดยปริมาณเนื้อปลานิลที่มากขึ้นไม่ได้มีส่วนช่วยในการยึดจับกับปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ เนื่องจากเนื้อปลานิล และซูริมิมีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน โดยเนื้อปลานิลแล่มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 79.1 (Garduño-Lugo *et al*., 2003) ส่วนซูริมิปลาทรายแดงมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 78.9 (Janta, 2000) ซึ่งปริมาณความชื้นนี้ไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณความชื้นที่ลดลงเมื่อทำการเติมปลานิลลงไปในผลิตภัณฑ์อาจเป็นผลมาจาก ซูริมิมีความสามารถในการเกิดเจลได้ดีกว่าเนื้อปลาที่ไม่ผ่านกระบวนการล้างน้ำแบบซูริมิ ซึ่งความสามารถในการเกิดเจลจะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของผลิตภัณฑ์ (Suzuki, 1981) ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นภายนอกอยู่จำนวนมากจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ต่ำ (Chaijan *et al*., 2006) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น จะทำให้การสูญเสียน้ำในผลิตภัณฑ์จากกระบวนการให้ความร้อนลดลง (Nuchpong and Sajjaanantakul, 2014) จึงทำให้เมื่อทำปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิลที่ 50:50 มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อผสมเนื้อปลานิลกับซูริมิปลาทรายแดงที่อัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิลที่ 50:50 จะทำให้ซูริมิเพลสมีปริมาณความชื้นภายนอกมากกว่า สูตรที่ใส่ซูริมิต่อปลานิล 70:30 และสูตรที่ไม่ใส่ปลานิล เมื่อนำซูริมิเพลสไปอบแห้งสูตรที่ใส่ซูริมิต่อปลานิล 50:50 จึงมีการระเหยความชื้นออกไปจากกระบวนการนี้มากที่สุด

(ก) 100: 0 (ข) 70:30 (ค) 50:50

ภาพที่ 1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และปลานิลที่ร้อยละ (ก) 100:0 (ข) 70:30 และ (ค) 50:50

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล 100:0 70:30 และ 50:50

พารามิเตอร์	**อัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล**		
	100:0	70:30	50:50
ความชื้น (% wb)	3.55±0.14^{a}	3.45±0.19^{a}	2.96±0.06^{b}
a_w^{ns}	0.44±0.013	0.45±0.009	0.44±0.011
Fracturability (กรัม)	192.77±132.01^{a}	119.59±87.25^{b}	119.36±68.39^{b}
Hardness (กรัม)	311.18±145.47^{a}	264.76±131.36^{ab}	219.38±56.52^{b}
Crispness	5.39±3.07^{b}	8.17±5.17^{a}	6.61±4.12^{ab}
L*^{ns}	39.66±4.80	42.68±5.48	43.53±5.07
a*	7.14±2.34^{a}	6.96±1.87^{a}	3.18±1.09^{b}
b*	18.82±1.50^{b}	20.13±2.08^{a}	17.07±1.72^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสจำนวน 20 ซ้ำ, ค่า L* a* b* จำนวน 5 ซ้ำ, ปริมาณความชื้น และค่า a_w จำนวน 3 ซ้ำ, ที่มีตัวอักษร $^{a, b, c}$ ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$), ^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

1.2 คุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ

ผลจากการศึกษาคุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบพบว่า ค่าความสว่าง L* ของปลานิลอบกรอบทั้งสามสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4 ค่าความเป็นสีแดง a* ของปลานิลอบกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อผลิตภัณฑ์มีปริมาณเนื้อปลานิลมากขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และปลานิลที่ 50:50 มีค่าความเป็นสีแดง (a*) มากที่สุดคือ 3.18 ส่วนค่าความเป็นสีเหลือง (b*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และปลานิลที่ 70:30 มีค่า b* มากที่สุด คือ 20.13 ตามด้วยผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบสูตรไม่มีเนื้อปลานิล และปลานิลอบกรอบที่มี

อัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อเนื้อปลานิลที่ 50:50 ตามลำดับ สีที่เข้มขึ้นของผลิตภัณฑ์อาจเป็นผลมาจาก โปรตีนในเนื้อปลาทำปฏิกิริยากับน้ำตาลจึงเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเมื่อมีการให้ความร้อน (Niyomvit, 1983)

1.3 คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ

จากการศึกษาคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบพบว่า ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4 โดยปลานิลอบกรอบสูตรที่ไม่มีเนื้อปลานิล มีค่าความแข็งมากที่สุด คือ 311.18 กรัม สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และเนื้อปลานิลที่ 50:50 มีค่าความแข็งน้อยที่สุดคือ 219.38 กรัม แสดงให้เห็นว่าเมื่อผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบมีปริมาณเนื้อปลานิลมากขึ้น จะส่งผลให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของปลานิลอบกรอบมีความนุ่มมากขึ้น และค่าความเปราะของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะเมื่อผ่านการให้ความร้อน ตัวอย่างจะมีการถ่ายโอนความร้อนและความชื้นระหว่างผลิตภัณฑ์กับระบบไปพร้อมกัน ในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นน้อยอาจทำให้ผิวของผลิตภัณฑ์แห้งแข็งได้เร็ว เมื่อนำไปวิเคราะห์เนื้อสัมผัส จึงพบว่าผลิตภัณฑ์นั้นแข็งแต่เปราะ ส่วนค่าความกรอบพบว่า สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิและเนื้อปลานิลที่ 70:30 มีค่าความกรอบมากที่สุด (8.17) อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความกรอบในตัวอย่างที่ทำการทดลองทั้งสามสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5

1.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบทั้งสามสูตรพบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังตารางที่ 5 โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า สูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และเนื้อปลานิลที่ 50:50 มีกลิ่นคาวปลามากกว่าสูตรที่ไม่มีเนื้อปลานิล และสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และเนื้อปลานิลที่ 70:30 ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านความกรอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างอื่นที่ทำการทดลอง โดยผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบทั้งสามตัวอย่าง มีคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบทั้งสามสูตร มีร้อยละการยอมรับเท่ากันคือ ร้อยละ 92.50 จึงได้ทำการคัดเลือกสูตรที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิ และเนื้อปลานิลที่ 70:30 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ เนื่องจากสูตรดังกล่าวมีค่าความกรอบที่มากกว่าตัวอย่างอื่นที่ทำการทดลอง (8.17) และมีคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านความชอบโดยรวมในระดับความชอบน้อยถึงปานกลาง (6.70)

ตารางที่ 5 ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่มีอัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล 100:0 70:30 และ 50:50

คุณลักษณะ	อัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิล		
	100:0	**70:30**	**50:50**
ลักษณะปรากฏ^{ns}	6.38±1.48	5.95±1.36	5.55±1.83
สี^{ns}	6.48±1.28	6.13±1.54	5.93±1.93
กลิ่น^{ns}	5.88±1.56	5.93±1.16	6.30±1.83
กลิ่นรส^{ns}	6.13±1.28	6.28±1.15	6.23±1.54
รสชาติ^{ns}	6.25±1.15	6.38±1.50	6.35±1.69
ความกรอบ^{ns}	7.18±1.34	7.08±1.25	6.70±1.38
ความชอบโดยรวม^{ns}	6.68±1.12	6.70±1.04	6.70±1.51
การยอมรับ (%)	92.50	92.50	92.50

หมายเหตุ: ค่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผู้ทดสอบ 40 คน

^{ns} คือ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

2. คุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5

2.1 ปริมาณความชื้น และ a_w ของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

ตัวอย่างปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ แสดงดังภาพที่ 2 ผลจากการศึกษาปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบพบว่า เมื่อมีการใส่สาหร่ายไส้ไก่ลงในผลิตภัณฑ์มากขึ้นจะทำให้ความชื้นของปลานิลอบกรอบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 6 เป็นผลมาจากโครงสร้างของสาหร่ายไส้ไก่ที่ประกอบไปด้วยเส้นใย ทำให้มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดูดซึมน้ำแล้วกักเก็บไว้ในโครงข่ายของเส้นใย ดังนั้นเมื่อมีปริมาณผงสาหร่ายเพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ มีคุณสมบัติในการกักเก็บน้ำมากขึ้น (Hakimeh *et al*., 2019) จึงส่งผลให้มีปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์มากขึ้น โดยตัวอย่างที่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ปริมาณร้อยละ 5 มีปริมาณความชื้นมากที่สุด โดยมีปริมาณความชื้นร้อยละ 5.64 ส่วนตัวอย่างที่ไม่ใส่สาหร่ายไส้ไก่มีความชื้นร้อยละ 3.52 ตัวอย่างที่ผสมสาหร่ายร้อยละ 5 มีค่า a_w มากที่สุด เท่ากับ 0.462 ซึ่งมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 1 และ 3 ส่วนตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ไม่ผสมสาหร่ายไส้ไก่มีค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในทุกตัวอย่างที่ทำการทดลอง อย่างไรก็ตาม ค่า a_W ของตัวอย่างปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่ทำการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน (0.423 - 0.462) และไม่เกินค่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์ปลาแผ่นกรอบที่กำหนดไว้ที่ 0.6 (Community Product Standards Division, 2003) ในทุกตัวอย่างที่ทำการทดลอง

(ก) ร้อยละ 0

(ข) ร้อยละ 1

(ค) ร้อยละ 3

(ง) ร้อยละ 5

ภาพที่ 2 ผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบที่แปรปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ (ก) ร้อยละ 0 (ข) ร้อยละ 1 (ค) ร้อยละ 3 และ (ง) ร้อยละ 5

ตารางที่ 6 คุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ ที่ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5

พารามิเตอร์	**ร้อยละของปริมาณสาหร่ายไส้ไก่**			
	Control (ร้อยละ 0)	**ร้อยละ 1**	**ร้อยละ 3**	**ร้อยละ 5**
ความชื้น (% wb)	3.52 ± 0.12^{c}	3.65 ± 0.16^{c}	4.11 ± 0.05^{b}	5.64 ± 0.37^{a}
a_w	0.445 ± 0.120^{ab}	0.423 ± 0.014^{b}	0.425 ± 0.018^{b}	0.462 ± 0.011^{a}
Hardness (กรัม)	357.08 ± 104.68^{d}	718.35 ± 196.79^{c}	909.52 ± 291.01^{b}	1123.17 ± 283.04^{a}
Fracturability(กรัม)	172.09 ± 119.38^{c}	279.67 ± 182.83^{c}	441.32 ± 305.74^{b}	925 ± 344.19^{a}
Crispness	9.71 ± 5.66^{a}	10.29 ± 5.83^{a}	10.11 ± 4.77^{a}	7.43 ± 1.93^{b}
L*	42.91 ± 5.04^{a}	34.35 ± 5.49^{bc}	34.93 ± 1.74^{b}	31.69 ± 2.24^{c}
a*	5.91 ± 1.18^{a}	5.24 ± 1.43^{a}	2.18 ± 1.38^{b}	1.46 ± 1.38^{b}
b*	19.79 ± 2.40^{a}	15.26 ± 2.59^{b}	13.37 ± 0.91^{b}	12.39 ± 1.46^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสจำนวน 20 ซ้ำ ค่า L* a* b* จำนวน 5 ซ้ำ ปริมาณความชื้น และค่า a_w จำนวน 3 ซ้ำ ตัวอักษร $^{a, b, c}$ ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2 คุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ จากการศึกษาคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่พบว่า

เมื่อปริมาณสาหร่ายมากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 6 โดยตัวอย่างที่ไม่ใส่สาหร่ายไส้ไก่มีความแข็งอยู่ที่ 357.08 กรัม และตัวอย่างที่ใส่สาหร่ายร้อยละ 5 มีความแข็งมากที่สุดอยู่ที่ 1123.17 กรัม เมื่อใส่ผงสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 1 ค่า Fracturability ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม ($p > 0.05$) แต่ปลานิลอบกรอบที่ใส่ผงสาหร่ายไส้ไก่ ที่ร้อยละ 3 และ 5 มีค่า Fracturability เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความกรอบของผลิตภัณฑ์ เมื่อใส่ผงสาหร่ายไส้ไก่ ที่ร้อยละ 1 และ 3 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับตัวอย่างควบคุม แต่เมื่อใส่ผงสาหร่ายไส้ไก่ ที่ร้อยละ 5 ค่าความกรอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสูตรที่มีค่าความกรอบมากที่สุดคือสูตรที่ผสมสาหร่ายร้อยละ 1 โดยมีลักษณะการแตกหักของตัวอย่างจำนวน 10.29 สอดคล้องกับผลจากทางประสาทสัมผัส โดยผู้ร่วมทดสอบระบุว่าสูตรที่ใส่สาหร่ายไส้ไก่ร้อยละ 0, 1, และ 3 มีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ไม่แตกต่างกัน ส่วนสูตรที่ผสมสาหร่าย ร้อยละ 5 มีความกรอบลดลงอย่างเห็นได้ชัด ความแข็งที่มากขึ้น ความเปราะ และความกรอบที่ลดลงนี้อาจเป็นผลมาจาก เมื่อผสมสาหร่ายไส้ไก่ลงในซูริมิ จะทำให้เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำของสาหร่ายเข้าไปแทรกอยู่ในโปรตีนซูริมิ เกิดเป็นโครงข่ายเส้นใย (Debusca *et al*., 2014) ทำให้เส้นใยในซูริมิสามารถจับกับน้ำได้มากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ความเปราะ และความกรอบลดลง Cofrades *et al*. (2008) พบว่า การใส่สาหร่ายในซูริมิจะทำให้ความแข็งของซูริมิเพิ่มขึ้น

2.3 คุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

ผลจากการศึกษาคุณลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่พบว่า เมื่อปริมาณของสาหร่ายไส้ไก่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 2 เป็นผลมาจากรงควัตถุที่พบในสาหร่าย เช่น chlorophyll หรือ carotenoid ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้มมากยิ่งขึ้น (Jimenez -Colmenero *et al*., 2010) สอดคล้องกับการศึกษาของ Hakimeh *et al*. (2019) ที่ทำการใส่สาหร่ายไส้ไก่ในผลิตภัณฑ์ซูริมิพบว่าเมื่อปริมาณผงสาหร่ายไส้ไก่มากขึ้นจะทำให้ค่า L* a* และ b* ลดลงเช่นเดียวกันกับการศึกษานี้

2.4 การประเมินทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่

จากผลการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏและสีของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 7 เมื่อมีปริมาณสาหร่ายไส้ไก่มากขึ้น ผู้ทดสอบส่วนใหญ่ไม่ชอบสีของตัวอย่างที่ใส่สาหร่ายไส้ไก่ร้อยละ 5 เนื่องจากสีของผลิตภัณฑ์มีความเข้มมากเกินไป กลิ่น กลิ่นรส และรสชาติมีคะแนนความชอบเฉลี่ยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ที่มากขึ้นส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แสดงรสชาติของสาหร่ายมากเกินไป อาจทำให้ผู้ที่ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลงได้ เช่นเดียวกับคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวม เมื่อปริมาณสาหร่ายไส้ไก่มากขึ้นจะส่งผลให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านความชอบโดยรวมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จึงได้ทำการคัดเลือกตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ร้อยละ 3 เป็นสูตรที่เหมาะสม ในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ เนื่องจากมีคะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความกรอบ และความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ

ตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ร้อยละ 1 และมีผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับ เท่ากับ ร้อยละ 75 ซึ่งมากกว่าตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ผสมสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 5 ที่ได้รับคะแนนการยอมรับเท่ากับ ร้อยละ 20 ส่วนคุณลักษณะทางเคมีของตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่ใส่สาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 3 มีค่าความชื้นที่ต่างจากสูตรที่ใส่สาหร่ายร้อยละ 0 และร้อยละ 1 เล็กน้อย ค่า a_w และค่าความกรอบของตัวอย่างปลานิลอบกรอบที่มีสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 1 และ ร้อยละ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทำให้สาหร่ายไส้ไก่ปริมาณร้อยละ 3 เป็นปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสมสามารถเติมลงในผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบ

ตารางที่ 7 คะแนนเฉลี่ยของผลประเมินทางประสาทสัมผัส ของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่ร้อยละ 0, 1, 3 และ 5

คุณลักษณะ	ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่			
	Control (ร้อยละ 0)	**ร้อยละ 1**	**ร้อยละ 3**	**ร้อยละ 5**
ลักษณะปรากฏ	6.58±1.28^{a}	5.73±1.54^{b}	5.65±1.79^{b}	5.63±1.71^{b}
สี	6.83±1.26^{a}	5.35±1.46^{b}	5.65±1.78^{b}	5.48±1.71^{b}
กลิ่น	6.38±1.46^{a}	6.15±1.49^{ab}	6.28±1.34^{a}	5.53±1.43^{b}
กลิ่นรส	6.65±1.12^{a}	5.93±1.38^{b}	5.58±1.77^{b}	4.03±1.49^{c}
รสชาติ	6.93±1.07^{a}	5.90±1.34^{b}	5.63±1.73^{b}	3.68±1.75^{c}
ความกรอบ	7.65±1.31^{a}	6.33±1.76^{b}	6.30±1.73^{b}	3.08±1.85^{c}
ความชอบโดยรวม	7.13±0.79^{a}	6.15±1.23^{b}	5.98±1.69^{b}	3.88±1.54^{c}
การยอมรับ (%)	92.50	82.50	75.00	20.00

หมายเหตุ: ค่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส เป็นค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผู้ทดสอบ 40 คน

^{abc} คือ ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามอักษรพิมพ์เล็กแตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. คุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 3

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ ร้อยละ 3 พบว่า มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 5.32 ปริมาณโปรตีนสูงอยู่ที่ร้อยละ 24.42 พบปริมาณไขมันต่ำอยู่ที่ร้อยละ 1.44 (ตารางที่ 8) ส่วนคุณลักษณะทางกายภาพ พบว่า มีค่า a_w เท่ากับ 0.465 ซึ่งไม่เกินตามปริมาณมาตรฐานผลิตภัณฑ์แผ่นปลากรอบที่กำหนดไว้ที่ 0.6 (Community Product Standards Division, 2003) ค่าเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ มีค่าความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 932.20 กรัม ค่าความเปราะเฉลี่ยอยู่ที่ 539.47 กรัม และค่าความกรอบอยู่ที่ 8.40 ส่วนค่าความเข้มสี L* มีค่าเฉลี่ย 39.59 ค่า a* มีค่าเฉลี่ย -0.42 และค่า b* 18.03 (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 คุณลักษณะทางเคมีของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสม

คุณลักษณะทางเคมี (น้ำหนักฐานเปียก)	ร้อยละ (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)
ความชื้น	5.32±0.06
โปรตีน	24.42±0.95
ไขมัน	1.44±0.16

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ความชื้น โปรตีน และไขมัน จำนวน 3 ซ้ำ

ตารางที่ 9 คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสม

พารามิเตอร์	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาจรฐาน
a_w	0.465±0.010
Hardness (g)	932.20±330.27
Fracturability (g)	539.47±345.40
Crispness	8.40±4.44
L*	39.59±3.23
a*	-0.42±0.35
b*	18.03±1.24

หมายเหตุ: จากการวิเคราะห์ค่าเนื้อสัมผัสจำนวน 20 ซ้ำ ค่า L* a* b* จำนวน 5 ซ้ำ ค่า a_w จำนวน 3 ซ้ำ

สรุป

จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ปลานิลอบกรอบคือ อัตราส่วนระหว่างซูริมิต่อปลานิลที่ 70:30 โดยน้ำหนัก และปริมาณสาหร่ายไส้ไก่ที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 3 เนื่องจากมีความกรอบรสชาติ และกลิ่นของสาหร่ายที่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ปลานิลอบกรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 24.42 ปริมาณไขมันร้อยละ 1.44 ความชื้น ร้อยละ 5.32 และค่าปริมาณน้ำอิสระ เท่ากับ 0.465 ผลิตภัณฑ์ปลากรอบผสมสาหร่ายไส้ไก่ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารขบเขี้ยวที่มีโปรตีนจากเนื้อปลาและเสริมด้วยสาหร่ายไส้ไก่ เป็นการนำสาหร่ายไส้ไก่ไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้อีกทางหนึ่ง สาหร่ายไส้ไก่เป็นสาหร่ายที่อุดมไปสารอาหาร วิตามิน และแร่ธาตุ ที่มีประโยชน์ จึงควรที่จะมีการนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาต่อยอดให้เป็นส่วนประกอบอาหารเชิงฟังก์ชั่นจากสาหร่ายไส้ไก่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ภายใต้ชุดโครงการนวัตกรรมในการผลิตสาหร่ายทะเลเพื่อพัฒนาและใช้ประโยชน์เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ ประจำปีงบประมาณ 2562-2563 รหัสชุดโครงการ ป-2.2(ช) 16.62

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2000. **Official methods of analysis of AOAC international.** Association of Official Analytical Chemistry, Gaithersburg.

Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Fautsman, C. 2006. Physichochemical properties, gel-forming ability and myoglobin content of sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi produced by conventional method and alkaline solubilization process. **European Food Research Technology** 222(2): 58-63.

Cofrades, S., Lopez-Lopez, I., Solas, M.T., Bravo, L. and Jimenez-Colmenero, F. 2008. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. **Meat Science** 79(1): 767-776.

Community Product Standards Division. 2003. **Community Product Standards for Crispy Fish Plate.** Available sources: http://tcps.tisi.go.th/pub/tcps106_53.pdf, July 9, 2020. (in Thai)

Debusca, A., Tahergorabi, R., Beamer, S.K., Matak, K.E. and Jaczynski, J. 2014. Physicochemical properties of surimi gels fortified with dietary fiber. **Food Chemistry** 148(1): 70-76.

Eukeik.ee. 2019. **Snack market share.** Available source: https://marketeeronline.co/archives/125874, April 29, 2021. (in Thai)

Food Intelligence Center. 2017. **Marketing of Healthy Food.** Food Intelligence Center. Available source: http://fic.nfi.or.th, February 29, 2020. (in Thai)

Garduño-Lugo, M., Granados-Alvarez, I., Olvera-Novoa, M.A. and Munìoz-Cordova, G. 2003. Comparison of growth, fillet yield and proximatecomposition between Stirling Nile tilapia (wild type) (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus) and red hybrid tilapia (Florida red tilapia x Stirling red *O. niloticus*) males. **Aquaculture Research** 34(1): 1023-1028.

Guiry, M.D. 2020. **Algae Base: *Ulva intestinalis Linnaeus* 1753, National University of Ireland.** Avalible Source: http://www.algaebase.org;searched, July 9, 2020.

Hakimeh, J.A., Rezaei, M., Shabanpour, B. and Tabarsa, M. 2019. Edible green seaweed, *Ulva intestinalis* as an ingredient in surimi-based product: chemical composition and physicochemical properties. **Applied Phycology** 31(1): 2529-2539.

Janta, K. 2000. Effect of tripolyphosphate on properties and gelation of myofibrillar protein from treadfin bream as subjected to different Freeze-thaw cycle. Master Thesis of Science (Fishery Products Technology), Prince of Songkla University. (in Thai)

Jimenez-Colmenero, F., Cofrades, S., Lopez-Lopez, I., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T. and Solas, M.T. 2010. Technological and sensory characteristics of reduced/low-fat, low-salt frankfurters as affected by the addition of konjac and seaweed. **Meat Science** 84(1): 356-363.

Mesomya, W., Onhem, S., Lohana, S., Worawattanametheekul, W. and Sikkha, C. 2013. **Research Report on Studies of Halal Fish Sheet Production**

of Marine Fish. Kasetsart University Research and Development Institute, Bangkok. (in Thai)

Murata, M. and Nakazoe, J. 2001. Production and use of marine algae in japan. **Japan Agricultural Research Quatery** 35(4): 281-290.

Nguyen, T.T., Le, T.Q. and Songsermpong, S. 2013. Shrimp cassava cracker puffed by microwave technique: effect of moisture and oil content on some physical characteristics. **Kasetsart Journal** 47(1): 434-446.

Niyomvit, N. 1983. **Science of Cookery.** Teaching documents, Department of Home Economics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Nuchpong, S. and Sajjaanantakul, T. 2014. Effect of malva nut gum on the qualities of meat emulsion prepared from freeze-thawed pork, pp. 340-347. *In* **Proceeding of 52nd Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry.** Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Pansawad, N., Wasasiri, S. and Runglerdkraingkrai, J. 2018. Effect of tapicoca starch/wheat flour ratio and pre-drying time on physical and sensory properties of snake skin fish chips prepared by using microwave oven. **Rajamangala University of Technology Tawan-ok Research Journal** 11(2): 1-9. (in Thai)

Preechanon, N. 1988. Fish chips. Master Thesis of Science (Home Economics), Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Raksakulthai, N., Sangjindawong, M., Jaiwat, M., Worawattanametheekul, W., Runglerdkraingkrai, J., Wilaipan, P., Chuapoehuk, P. and Vareevanich, D. 2002. **Fishery Product Processing from Fresh Water Fish.** 2nd ed. A Plus Three Media, Nontaburi. (in Thai)

Ratana-arporn, P., Kaewsuralikhit, C., Raksakulthai, N., Chuchird, N. and hongrat, P. 2009. **Utilization of *Ulva intestinalis* from shrimp pond to consumption.** Published documents, Aquaculture Business Research Center, Faculty of Fisheries, Kasetsart University. (in Thai)

Reine, P.V. and Trono, G.C. 2001. **Plant Resources of Routh-East Asia.** Backhuys Publishers, Netherland.

Suzuki, T. 1981. **Fish and Krill Protein Processing Technology.** Applied Science Publishers, London.

Tanuttawongcharoen, R., Laohakuljit, N. and Kerdchochuen, O. 2012. Potential use of flavoring agent *Ulva intestinalis* protein hydrolysate by acid hydrolysis. **Agricultural Science Journal** 43(2)(supp.): 457-460.

Wongnok, M. 2012. **Cost Effectively of Fish Menu due to Can Eat Whole Body.** Fishery Career Development and Promotion Group. Ubon Ratchathai Provincial Fisheries Office. Available source: https://www.fisheries.go.th/fpo-ubon/web2/images/download/kmhealthy.pdf, July 9, 2020. (in Thai)