

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖/๒๕๖๖



Technical Paper No. 6/2023

การพัฒนาซูปก้อนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล
Development of Soup Cube from Bone and Head
of Milkfish (*Chanos chanos*, Forskal)

วิศรุต ศิริพรภิตติ

Wissarout Siripornkitti

ศศิธร ชื่นขจรกุล

Sasitorn Chankajornkul

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Fisheries Industrial Technology

Research and Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๖/๒๕๖๖



Technical Paper No. 6/2023

การพัฒนาซูปก้อนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล
Development of Soup Cubes from Bone and Head
of Milkfish (*Chanos chanos*, Forskal)

วิศรุต ศิริพรกิตติ

Wissarout Siripornkitti

ศศิธร ชั่นขจรกุล

Sasitorn Chankajornkul

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Fisheries Industrial Technology

Research and Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

๒๕๖๖

2023

รหัสทะเบียนวิจัย 62 10501 62015 02

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	4
วัตถุประสงค์	6
วิธีดำเนินการ	6
1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ	
2. วิธีดำเนินงาน	
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	11
1. ผลการผลิตผงโปรตีนที่สกัดได้จากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล	
2. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปก้อนจากผงโปรตีนสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล	
สรุปผลการทดลอง	22
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก	25

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ร้อยละส่วนผสมของซูปก้อนทางการค้า	10
2 ร้อยละของผลผลิต (%Yield) โปรตีน และระดับการย่อยโปรตีน (%DH) ของการสกัด 4 วิธี	13
3 ปริมาณกรดอะมิโนของผงโปรตีนที่สกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล โดยวิธี DAE	13
4 ปริมาณส่วนผสมของซูปก้อนทางการค้าและซูปก้อนต้นแบบ	14
5 ผลการวิเคราะห์โอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Opportunity) และการวิเคราะห์แบบพินอลตี (Penalty analysis)	17
6 คะแนนทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำซูปสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลส่วนผสมแตกต่างกัน 9 แบบ	18
 ตารางผนวกที่	
1 กลุ่มผู้ทดสอบสำหรับการวิเคราะห์โอกาส	27
2 ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพินอลตีทั้งหมด	28
3 ร้อยละสูตรพื้นฐานในการผลิตซูปก้อนจากผงโปรตีนสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล	29

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	ปลานวลจันทร์ทะเลทั้งตัว (ก) และส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล (ข)
2	ขั้นตอนการผลิตผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล
3	ผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล ที่สกัดแตกต่างกัน 4 วิธี
4	ส่วนผสมและชุปก้อนต้นแบบ
5	ชุบจากชุปก้อนที่มีผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลผสมในสัดส่วนที่แตกต่างกัน
9	สูตร
6	พื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น
7	พื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ
8	พื้นที่ผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านความชอบรวม
9	พื้นที่ซ้อนทับของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส
10	การวิเคราะห์ Response optimization จุดที่เหมาะสมของชุปก้อน
ภาพผนวกที่	
1	วิธีการหาระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซต (%DH)
2	กลุ่มผู้ทดสอบสำหรับการวิเคราะห์โอกาส
3	สูตรพื้นฐานในการผลิตชุปก้อนโดยการออกแบบวิธีแบบผสมผสาน (Mixture design) ด้วยวิธีกำหนดปัจจัยแบบจำกัดสัดส่วน (Extreme vertices) 9 สูตร

การพัฒนาซูปก้อนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

วิศรุต ศิริพรภิตติ* และ ศศิธร ชื่นขจรกุล
กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำไปใช้ทดแทนส่วนของเนื้อสัตว์และผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG) และไดโซเดียม 5'-ไรโบนิวคลีโอไตด์ (I+G)) ที่ให้รสกลมกล่อมในซูปก้อนทางการค้า ในรูปผงโปรตีนไฮโดรไลเซตสกัดซึ่งได้จาก 4 วิธี คือ 1. สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดัน (D) 2. สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับกรดซิตริก (DA) 3. สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับกรดซิตริกและเอนไซม์เพปซิน (DAE) และ 4. สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับเอนไซม์เพปซิน (DE) พบว่า ผงโปรตีนที่สกัดด้วยวิธี DAE สามารถบดเป็นผงละเอียดขนาดเล็กที่ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช มีร้อยละของผลผลิตและโปรตีน เท่ากับ 13.98 และ 50.59 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) รวมทั้งลักษณะปรากฏที่เหมาะสมในการนำไปผลิตเป็นซูปก้อน มีกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสอร่อย (Umami) ได้แก่ กลูตามิก (Glu) และแอสปาทิก (Asp) มีปริมาณ 5,037.08 และ 3,138.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ เมื่อนำผงโปรตีนที่สกัดได้จากวิธี DAE มาเป็นส่วนผสมของซูปก้อนและนำไปทดสอบความพอดี (JAR) และทดสอบความชอบโดยให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale วิเคราะห์โอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Opp) และวิเคราะห์แบบพินอลติ (Pen) พบว่า การปรับปริมาณกลี้นปลาและความหวานของผลิตภัณฑ์จะมีโอกาสให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น จึงใช้ทั้ง 2 คุณลักษณะนี้ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ นำไปพัฒนาเป็นซูปก้อนด้วยวิธีการทดลองแบบผสมผสาน (Mixture design) ด้วยวิธีกำหนดปัจจัยแบบจำกัดสัดส่วน (Extreme vertices) โดยกำหนดช่วงของส่วนผสมในซูปก้อนที่ส่งผลต่อการยอมรับด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวม ได้แก่ ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26-30, 2-4 และ 4-6 ตามลำดับ นำผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมไปสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนอง (Response surface) และนำมาซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ (Overlaid contour plot) พบว่า ช่วงปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการนำส่วนผสมไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26.0196-29.2048, 2.0234-4.0457 และ 4.1903-6.5395 ตามลำดับ นอกจากนี้ วิเคราะห์จุดตอบสนองที่เหมาะสม (Response optimization) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสมากที่สุด คือมีส่วนผสมของผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26.4447, 3.7380 และ 5.8173 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การผลิตซูปก้อนที่มีปริมาณผงโปรตีนมากที่สุดและยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยคะแนนความชอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ≥ 6 ประกอบด้วย ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 29.2048, 2.4635 และ 4.3318 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปลานวลจันทร์ทะเล, ก้างและหัวปลา, โปรตีนไฮโดรไลเซต, ซูปก้อน

*ผู้รับผิดชอบ: 50 เกษตรกลาง จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร 0 2940 6130

E-mail: wissarouts@fisheries.go.th

Development of Soup Cubes from Bone and Head of Milkfish (*Chanos chanos*, Forskal)

Wissarout Siripornkitti* and Sasithorn Chankajornkul

Fisheries Industrial Technology Research and Development Division

Abstract

The aim of this research was to utilize bone and head of milkfish (*Chanos chanos*, Forskal) as a substitute for meat and flavor enhancers (Monosodium glutamate (MSG) and Disodium 5'-ribonucleotide (I+G)) that provide mellow flavor in commercial soup cubes. Protein hydrolysate powder (PHP) was extracted by 4 methods: 1. Heat under pressure (D) 2. Heat under pressure with citric acid (DA) 3. Heat under pressure with citric acid and then pepsin enzyme (DAE) 4. Heat under pressure and then pepsin enzyme (DE). It was found that the PHP extracted by the DAE method could be finely ground into particles passing through an 80-mesh sieve with yields and protein contents of 13.98% and 50.59%, respectively, which were significantly higher than the other methods ($p \leq 0.05$). Also, the appearance of PHP produced by DAE method was appropriate for making soup cubes. Glutamic acid (Glu) and aspartic acid (Asp), which were found at 5,037.08 and 3,138.30 mg/100g, respectively, are the amino acids that provide umami flavor. Sensory tests were conducted using Just-About-Right (JAR) scale and 9-Point Hedonic scale to assess liking. Product improvement opportunities (Opp) and penalties (Pen) were analyzed. Product acceptability could be improved by adjusting the product's sweetness and fish odor levels, therefore taking into account both of these aspects to make the product better. Using a combined experimental technique (Mixture design), the development of technique DAE into soup cubes was conducted by comparing it with commercial soup cubes. PHP, celery powder, and sugar quantities within restricted proportions (Extreme vertices) were examined. PHP, celery powder, and sugar were found to have a range of effects on odor, taste and overall acceptance of 26-30%, 2-4%, and 4-6%, respectively. In order to identify appropriate ranges for product development, a response surface graph overlaying contour plots was created using the findings of sensory testing for taste, odor, and overall acceptance. It was discovered that the following ranges of values were suitable for using ingredients in product development: 26.0196-29.2048% for PHP, 2.0234-4.0457% for celery powder, and 4.1903-6.5395% for sugar. Additionally, response

optimization analysis revealed that testers ranked as having the highest sensory preference were PHP, celery powder and sugar at 26.4447%, 3.7380% and 5.8173%, respectively. To make soup cubes with the highest PHP content that were still accepted by consumers (score ≥ 6), 29.2048% of PHP, 2.4635% of celery powder, and 4.3318% of sugar, must be utilized.

Keywords: milkfish, fish bone and head, protein hydrolysate, soup cubes

คำนำ

ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*, Forskal) มีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป ได้แก่ ปลาดอกไม้ ปลาหน้ำจืด หรือปลาชะลิน ในปี พ.ศ. 2493 พบลูกปลานวลจันทร์ทะเลเป็นครั้งแรกที่บริเวณชายฝั่งทะเล บริเวณบ้านคลองวาฬ ในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และสำรวจพบบางส่วนในเขตจังหวัดชุมพร เพชรบุรี ระยอง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และจันทบุรี (สุเดช, 2564) เมื่อวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2508 พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ได้เสด็จพระราชดำเนินที่ สถานีประมงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อทอดพระเนตรลูกปลานวลจันทร์ทะเลในบ่ออนุบาล นับตั้งแต่นั้น เป็นต้นมา ได้ทรงสนพระทัยติดตามเรื่องราวเกี่ยวกับปลานวลจันทร์ทะเลเรื่อยมา และมีพระราชดำริให้ กรมประมง หาแนวทางการเพาะพันธุ์สัตว์น้ำชนิดนี้ (กรมประมง, 2551)

ปลานวลจันทร์ทะเลเป็นปลาเศรษฐกิจของหลายประเทศ เช่น ฟิลิปปินส์ จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย และไต้หวัน สำหรับประเทศไทยยังเป็นปลาที่ยังไม่รู้จักมากนัก (ชาติชาย, 2551) กรมประมง เพาะพันธุ์ปลานวลจันทร์ทะเลสำเร็จในปี พ.ศ. 2548 พัฒนาเทคนิคการอนุบาลและส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยงใน บ่อดิน ในปี พ.ศ. 2556 จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ได้ผลักดันให้มีการรวมกลุ่มแปรรูปปลานวลจันทร์ทะเล เพื่อเพิ่ม มูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง ปลานวลจันทร์ทะเลก้างนึ่ง และปลานวลจันทร์ทะเล ต้มเค็ม และส่งจำหน่ายในพื้นที่และจังหวัดใกล้เคียง รวมทั้งมีผู้ประกอบการให้ความสนใจทำธุรกิจเพาะเลี้ยง และผลิตเนื้อปลาบดขาย ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นมากมาย เช่น เบอร์เกอร์ ปลานวลจันทร์ทะเล แหมนปลานวลจันทร์ทะเล ต้มส้ม และปลากระป๋อง นอกจากนี้ กรมประมง โดยกองวิจัย และพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ไส้กรอกปลานวลจันทร์ทะเล ลูกชิ้น ปลานวลจันทร์ทะเล และปลานวลจันทร์ทะเลเค็ม (วัชร และอรรณพ, 2558) ซึ่งจากการแปรรูปดังกล่าวทำให้มี เศษเหลือจากการแปรรูปคิดเป็นร้อยละ 30-40 ได้แก่ หนัง หัว ก้าง เกล็ด และไส้ปลา ซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Nam *et al.*, 2020) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเป็น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ และช่วยลดปัญหาขยะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมประมง, 2560)

ก้างและหัวปลาเป็นเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่มักนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์น้ำ และปุ๋ย และสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า เช่น ก้างปลาทอด หัวปลาคั่วต้ม คอปลาเจน และเจลาติน นอกจากนี้ ยังมีการเพิ่มมูลค่าจากเศษเหลือด้วยการนำไปย่อยสลายให้เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก โดยเฉพาะโปรตีนไฮโดรไลเซตซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายพันธะเปปไทด์ของโปรตีนได้เปปไทด์ที่มี ขนาดโมเลกุลแตกต่างกันและกรดอะมิโนอิสระ โดยการใช้สารเคมี เช่น กรด-ด่าง การใช้เอนไซม์โปรติเอส และ ใช้วิธีทางกายภาพ เช่น การใช้ความร้อน และการใช้ความดันสูง (ทิพย์วลี และศศิธร, 2562) จากการทดลอง เพื่อหาค่าประกอบเบื้องต้นของส่วนก้างและหัวปลาของปลานวลจันทร์ทะเล พบว่า มีปริมาณโปรตีนสูงและ กรดอะมิโนจำเป็นหลายชนิด รวมทั้งกลุ่มที่ให้อาหารรส เช่น กรดกลูตามิก โปรลีน ไกลซีน อะลานีน และอาร์จินีน สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาวดี (2556) ได้ศึกษาปริมาณโปรตีนในกระดุกปลานิลโดยการใช้วิธีสกัดด้วยกรด

เอนไซม์ และความร้อนภายใต้ความดัน พบว่า มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 38 ส่วนสุณิสสา และคณะ (2561) ผลิตผงโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือส่วนหัวและหนังของปลาอุกบึกโดยใช้เอนไซม์จากพืชสองชนิดในการสกัดโปรตีน คือ เอนไซม์ปาเปน และโบรมิเลน พบว่า มีระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซต (Degree of Hydrolysis, %DH) มากกว่าร้อยละ 52.10 ผงโปรตีนไฮโดรไลเซตที่มีปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 70.46

โปรตีนไฮโดรไลเซต เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีน มีบทบาทสำคัญในการนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ ทั้งเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ช่วยเพิ่มความสามารถในการละลาย การเกิดโฟมที่ดี การเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ และสมบัติการเกิดเจล อีกทั้งสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซตยังมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพ การควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย และช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคบางชนิด ได้แก่ ระบบหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ในการนำมาปรับปรุงด้านกลิ่นและรสชาติได้ (วิรัชชัย, 2563) การศึกษาของ Yang *et al.* (2019) พบว่า กรดอะมิโนที่ได้จากโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือของปลาอุกบึก พบกรดอะมิโนที่ให้รสอูมามิ (กรดแอสปาทิกและกรดกลูตามิก) 154.79 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนที่ให้รสหวาน (ทรีโอนีน เซอรีน ไกลซีน และอะลานีน) 493.11 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนที่ให้รสขม (ฮิสทีดีน วาลีน เมไทโอนีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ฟีนอลอะลานีน อาร์จินีน และโปรลีน) 627.53 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนเหล่านี้คือกลุ่มที่มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงกลิ่นรสและเป็นองค์ประกอบสำคัญของสารปรุงแต่งรสอาหารทางการค้า

ผงชูรส เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่จัดเป็นสารปรุงแต่งรสอาหาร (Flavoring agent) ใส่เพื่อเพิ่มรสชาติของอาหาร ได้แก่ สารประกอบประเภทกลูตาเมต (Glutamate) ซึ่งเป็นเกลือของกรดกลูตามิก (Glutamic acid) เช่น โมโนโซเดียมกลูตาเมต (Monosodium glutamate, MSG) โมโนแอมโมเนียมกลูตาเมต (Monoammonium glutamate) โมโนโพแทสเซียมกลูตาเมต (Monopotassium glutamate) และสารประกอบประเภทไรโบนิวคลีโอไทด์ เช่น ไดโซเดียมไโนซีน-5'-โมโนฟอสเฟต (Disodium Inosine-5'-monophosphate, IMP) และ ไดโซเดียมกวัวโนซีน-5'-โมโนฟอสเฟต (Disodium guanosine-5'-monophosphate, GMP) (สุวิมล, 2554) ซึ่งโดยปกติ IMP และ GMP จะใช้ร่วมกัน จึงเรียกสั้น ๆ ว่า ไอพลัสจี (I plus G หรือ I+G) การใช้ I+G ร่วมกับ MSG ทำให้อาหารมีรสชาติดกกล่อมได้มากกว่า MSG หลายเท่า รวมทั้งยังปรับปรุงกลิ่นของอาหารให้ดีขึ้น นิยมใช้ผสมในซูปรูปรสชนิดก้อน ซูปรูปรสชนิดผงหรือผงปรุงรส ซูบกึ่งสำเร็จรูป บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป และโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553) โดย I+G เป็นสารที่สามารถพบได้ในสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะปลาโอ ปลาทะเล รวมทั้งเห็ดหอมและพืชบางชนิด (สุวิมล, 2554) สามารถผลิตได้ในเชิงการค้าจากกระบวนการย่อยโปรตีนด้วยเอนไซม์ และจากกระบวนการหมักกรดนิวคลีอิก (Sugita, 2002) สำหรับ MSG เป็นวัตถุเจือปนอาหารที่ไม่จำเป็นต้องกำหนดปริมาณการบริโภคต่อวัน (Acceptable daily intake : ADI) เนื่องจากโมโนโซเดียมกลูตาเมตไม่ทำให้เกิดการสะสมในร่างกายจึงมีความปลอดภัย ยกเว้นในผู้ที่มีอาการแพ้ ซึ่งภาษาอังกฤษเรียกว่า ไซนิสเรสเรตอรองต์ซินโดรม (Chinese restaurant syndrome - CRS) ต้องระวังเป็นพิเศษ เพราะอาจเกิดอาการปากชา ลิ้นชา และบวมได้ นอกจากนี้ผู้ที่ต้องจำกัดการบริโภคโซเดียมจึงควรระมัดระวังการบริโภคผงชูรส เพราะในผงชูรสมีโซเดียมผสมอยู่ (หมอชาวบ้าน, 2536)

มัลลิกา และคณะ (2558) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปลาสกัดพร้อมดื่มจากเศษเหลือทิ้งปลาของกระบวนการผลิตน้ำมันปลา โดยใช้โปรตีนไฮโดรไลเซตที่สกัดด้วยเอนไซม์ฟลาโวไซม์ปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักบ่มที่อุณหภูมิ 45 °C ส่วนสุมาลัย และคณะ (2545) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ซุปลัดเข้มข้นจากน้ำนิ่งปลาจากอุตสาหกรรมปลาทุ่นำกระป๋อง โดยการเหวี่ยงแยกน้ำมันย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์อัลคาเลสร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักโปรตีนที่อุณหภูมิ 60±1 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90±2 °C เป็นเวลา 10 นาที กรองและระเหยนํ้าออก ได้ซุปลัดเข้มข้นที่มีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง และเนื้อนํ้า (2543) ได้ผลิตซุปลาดิบบรรจุกระป๋อง โดยนำเศษเหลือของกระบวนการผลิตปลากระป๋องแช่แข็ง โดยนำครีบก้น หัว และกระดูกปลา กับส่วนผสมต่าง ๆ เช่น หัวหอม แครอท ผักชี ซีอิ๊วขาว และพริกไทย ต้มให้เดือด 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปบรรจุกระป๋องฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปทดสอบกับผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับในตัวอย่างที่มีการปรับปริมาณพริกไทยร้อยละ 0.4 และซีอิ๊วขาวร้อยละ 2.5

จากข้อมูลและแนวทางการสกัดผงโปรตีน เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มมูลค่า จึงมีแนวคิดในการนำส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลมาสกัดให้เป็นผงโปรตีนที่มีกรดอะมิโนที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย และมีรสชาติ นำไปเป็นส่วนผสมของซูปก้อน เพื่อทดแทนเนื้อสัตว์และผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG) และไดโซเดียม 5'-ไรโบนิวคลีโอไนด์ (I+G))

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลที่เหมาะสม
2. เพื่อพัฒนาซูปก้อนจากผงโปรตีนที่สกัดได้จากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัตถุดิบ

1.1.1 ก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลจากจังหวัดฉะเชิงเทรา (ภาพที่ 1) แช่ในถังฉนวนบรรจุน้ำแข็งขนส่งมายังกองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ และเก็บรักษาไว้ในห้องแช่เยือกแข็งอุณหภูมิ -18 °C

1.1.2 น้ำตาลทราย ยี่ห้อ มิตรผล

1.1.3 เกลือ ยี่ห้อ นิยมค้าเกลือสมุทร

1.1.4 ผงเซเลอรี่ ยี่ห้อ มิซูจิ

1.1.5 น้ำมันปาล์ม ยี่ห้อ ทานตะวัน

1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1.2.1 ผ้าขาวบาง

- 1.2.2 พอยต์ออลูมิเนียม
- 1.2.3 ตะแกรงร่อนขนาดช่อง 80 เมช
- 1.2.4 อุปกรณ์และวัสดุสำหรับขึ้นรูป เช่น พายไม้ ไม้บรรทัดเหล็ก ถ้วย แบบพิมพ์สแตนเลส
- 1.2.5 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ Consolidated stills and sterilizers ยี่ห้อ Consolidated
- 1.2.6 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP3202S และเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น LA230S
- 1.2.7 เตาอบระบบควบคุมความร้อนอัตโนมัติ ยี่ห้อ กล้วยน้ำไท
- 1.2.8 เครื่องสับผสม ยี่ห้อ Ditosama รุ่น K55
- 1.2.9 เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze Dryer) ยี่ห้อ Labconco รุ่น FreeZone plus
- 1.2.10 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert
- 1.2.11 ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Termaks รุ่น TS826
- 1.2.12 เครื่องย่อยและเครื่องกลั่น ยี่ห้อ Tecator รุ่น 1002
- 1.2.13 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Orion รุ่น 420A
- 1.2.14 เครื่องปั่นผสม ยี่ห้อ Ystral รุ่น X10/25
- 1.2.15 เครื่องบดสับอาหาร ยี่ห้อ Tefal รุ่น MF800
- 1.2.16 เครื่องบดเนื้อปลา ยี่ห้อ Talsa รุ่น W22EN
- 1.2.17 ตู้แช่เย็น (5 ± 2 °C) ยี่ห้อ March Cool
- 1.2.18 ตู้แช่เยือกแข็ง (-70 ± 2 °C) ยี่ห้อ Forma รุ่น 8438
- 1.3 สารเคมีและเอนไซม์
 - 1.3.1 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ยี่ห้อ AGC
 - 1.3.2 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) (Ampoule) 1 N ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.3 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 95-97% ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.4 กรดบอริก (H_3BO_3) ยี่ห้อ Kemaus
 - 1.3.5 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.6 เอทิลแอลกอฮอล์ ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.7 โบรโมไธมอลบลู ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.8 เมทิลเรด ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.9 อินดิเคเตอร์ (Sher mix indicator) ยี่ห้อ Buchi
 - 1.3.10 กรดไทรคลอโรอะซิติก ($\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}_2$) ยี่ห้อ Merck
 - 1.3.11 กรดซิตริก ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_8$) (Food grade) ยี่ห้อ Sun Shine
 - 1.3.12 เอนไซม์เพปซิน จาก Porcine gastric mucosa powder, ≥ 400 units/mg protein ยี่ห้อ Sigma Aldrich

2. วิธีดำเนินงาน

2.1 การผลิตผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

นำก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล (ภาพที่ 1) อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก มาบดหยาบด้วยเครื่องบดเนื้อปลา โดยใช้รังผึ้งหน้าแว่น รูตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร จากนั้น เติมน้ำสะอาด อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ต้มจนเดือดนาน 5 นาที กรองของเหลวออกด้วยผ้าขาวบาง นำส่วนของแข็ง (S) ไปผลิตในขั้นตอนต่อไป



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 ปลานวลจันทร์ทะเลทั้งตัว (ก) และส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล (ข)

2.1.1 เปรียบเทียบวิธีสกัดโปรตีน โดยดัดแปลงวิธีของสุภาวดี (2556) 4 วิธี ดังภาพที่ 2 ได้แก่

(1) การสกัดด้วยความร้อนภายใต้ความดัน (D)

นำส่วนของแข็ง (S) ที่ได้ปริมาณ 3 กิโลกรัม และน้ำ 3 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์ นาน 75 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง นำของเหลวที่ได้เก็บในตู้แช่เย็น ที่อุณหภูมิ 5±2 °C นาน 12 ชั่วโมง ตักไขมันที่จับตัวบนผิวหน้าออก ปรับค่า pH ให้เป็นกลาง (pH=7) ด้วย NaOH ความเข้มข้น 6 N จากนั้นทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (โดยนำของเหลวที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -70 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมงก่อนนำมาทำแห้ง)

(2) การสกัดด้วยความร้อนภายใต้ความดันและกรด (DA)

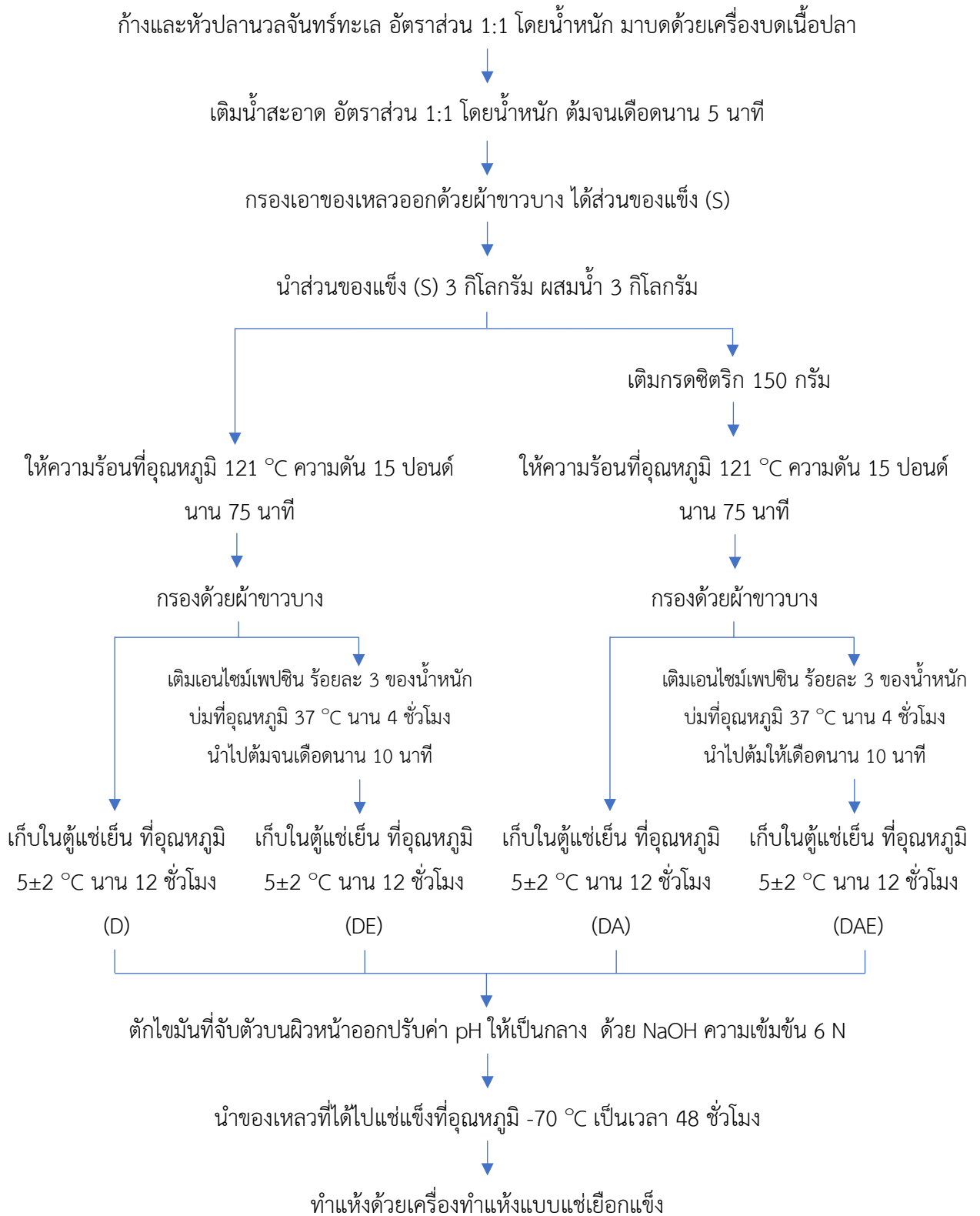
นำ S ที่ได้ปริมาณ 3 กิโลกรัม น้ำ 3 กิโลกรัม และกรดซิตริก 150 กรัม ผสมให้เข้ากัน จากนั้นให้ความร้อนจนถึงขั้นตอนการทำแห้งเช่นเดียวกับข้อ (1)

(3) การสกัดด้วยความร้อนภายใต้ความดัน กรด และเอนไซม์ (DAE)

นำ S ที่ได้ปริมาณ 3 กิโลกรัม น้ำ 3 กิโลกรัม และกรดซิตริก 150 กรัม ผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์ นาน 75 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง นำของเหลวที่ได้มาเติมเอนไซม์เพปซิน ร้อยละ 3 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักของของเหลวที่กรอง บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 4 ชั่วโมง นำไปต้มจนเดือดนาน 10 นาที เพื่อหยุดการทำงานของเอนไซม์ นำของเหลวที่ได้เก็บในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ 5±2 °C นาน 12 ชั่วโมง จากนั้นตักไขมันที่จับตัวบนผิวหน้าออกจนถึงขั้นตอนการทำแห้งเช่นเดียวกับข้อ (1)

(4) การสกัดด้วยความร้อนภายใต้ความดัน และเอนไซม์ (DE)

ดำเนินการเช่นเดียวกับข้อ (3) โดยไม่เติมกรดซิตริกก่อนให้ความร้อน



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

2.1.2 ศึกษาคุณสมบัติของผงโปรตีนที่สกัดได้จากข้อ 2.1.1 ทั้ง 4 วิธี โดยคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (%Yield) ดังสมการที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2019) และทดสอบหาค่าระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซต (Degree of hydrolysis, %DH) ดังสมการที่ 2 ตามวิธีของ Ovissipour *et al.* (2010) (ภาคผนวก ก) เลือกวิธีการสกัดที่ให้คุณสมบัติของลักษณะปรากฏ %Yield ปริมาณโปรตีน และ %DH ที่มากที่สุดนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนโดยบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

$$\%Yield = \frac{\text{น้ำหนักผงโปรตีนหลังการทำแห้ง}}{\text{น้ำหนักกากและหัวปลาเริ่มต้น}} \times 100 \quad (1)$$

$$\%DH = \frac{\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างที่ละลายในกรดไตรคลอโรอะซิติกร้อยละ 10} \times 100}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผงโปรตีนสกัด}} \quad (2)$$

2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปก้อนจากผงโปรตีนสกัดจากส่วนกากและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

2.2.1 การเตรียมซูปก้อนต้นแบบ

นำผงโปรตีนที่คัดเลือกจากข้อ 2.1 พัฒนาเป็นผงปรุงรสในรูปแบบก้อน โดยใช้ทดแทนเนื้อสัตว์และผงชูรส (โมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG) และไดโซเดียม 5'-ไรโบนิวคลีโอไทด์ (I+G)) ในสูตรซูปก้อนสำเร็จรูปทางการค้า (ตารางที่ 1) โดยการนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมรวมกัน น้ำหนักรวม 10 กรัมและขึ้นรูปเป็นก้อนในแบบพิมพ์สแตนเลสขนาดเท่ากับ 2.20x2.20x1.20 เซนติเมตร (กว้างxยาวxหนา) และห่อด้วยฟอยด์อลูมิเนียม

ตารางที่ 1 ร้อยละส่วนผสมของซูปก้อนทางการค้า

น้ำมันปาล์ม	เกลือ	เนื้อสัตว์และผงชูรส	ผงเซเลอรี่	น้ำตาล
19.00	45.00	30.00	2.00	4.00

2.2.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบโดยการนำซูปก้อนจากข้อ 2.2.1 ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยนำไปละลายน้ำอุ่นในอัตราส่วน ซูปก้อน 1 ก้อนต่อน้ำ 500 กรัม โดยผู้ทดสอบจำนวน 70 คน ทดสอบความชอบโดยให้คะแนนความชอบ แบบ 9-Point hedonic scale (9=ชอบมากที่สุด ถึง 1=ไม่ชอบมากที่สุด) และวัดระดับความพอดี (Just about right, JAR) ในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นปลา รสเค็ม รสหวาน และลักษณะปรากฏ (ภาคผนวก ข) วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน 2 วิธีคือ การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity analysis, Opp) (วิวัฒน์, 2557) และการวิเคราะห์แบบพินอลดี (Penalty analysis, Pen) (วิวัฒน์, 2556ก) ดังภาคผนวก ค และ ง โดยวิเคราะห์คุณลักษณะที่ผู้ทดสอบให้คะแนนในระดับที่ไม่พอดีเพื่อนำไปปรับปรุงสูตร

2.2.3 การพัฒนาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการผลิตซูปก้อนผงโปรตีนสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

นำผลการทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผลิตจากข้อ 2.2.2 มาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงสูตร โดยการออกแบบวิธีแบบผสมผสาน (Mixture design) โดยวิธีจำกัดสัดส่วนปัจจัยที่ศึกษา (Extreme vertices) จากปัจจัยที่ส่งผลต่อโอกาสที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคเพิ่มขึ้นจากข้อ 2.2.2 (ภาคผนวก จ)

2.3 วางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2.3.1 วิธีดำเนินงานข้อ 2.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ทดลอง 3 ซ้ำ ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการทางสถิติแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

2.3.2 วิธีดำเนินงานข้อ 2.2

(1) การออกแบบการทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab กำหนดจุดบนพื้นที่สามเหลี่ยม ด้านเท่า ที่กระจายอยู่ในบริเวณขอบเขต 9 จุด ได้สูตรการทดลอง 9 สูตร นำไปทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบ 20 คน (ภาคผนวก ฉ) เพื่อหาระดับสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตซูปก้อนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

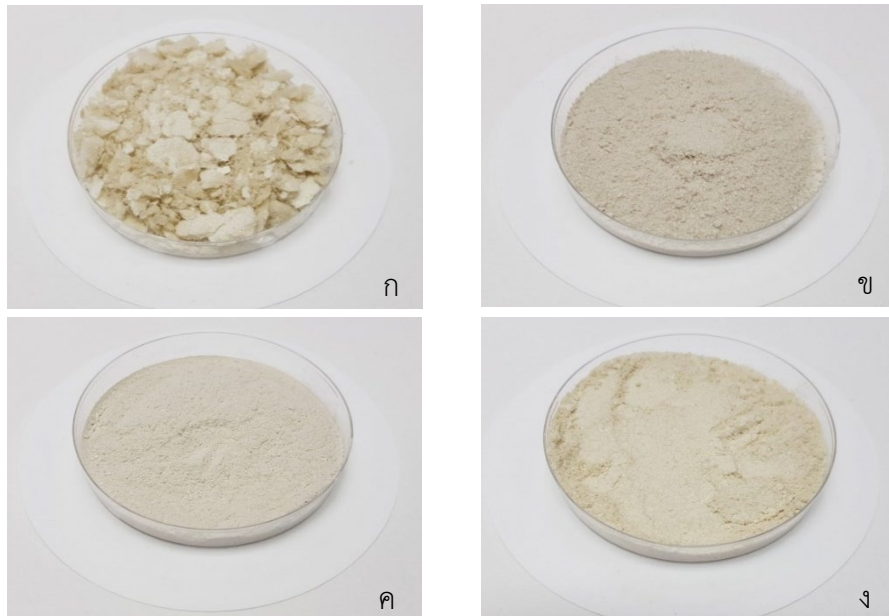
(2) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab ในการสร้างกราฟพื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาและคะแนนทางประสาทสัมผัสจากแบบการทดลองทั้ง 9 สูตรและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยเลือกใช้วิธีการสมการถดถอยแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระอย่างมีขั้นตอน (Stepwise regression)

(3) สร้างพื้นที่ซ้อนทับ Overlaid contour plot และวิเคราะห์ Response optimization โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เพื่อหาช่วงของปัจจัยที่เหมาะสมและจุดที่เหมาะสมที่สุด (Optimum desirability) ในการพัฒนาซูปก้อนที่มีโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลเป็นส่วนผสม

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. ผลการผลิตผงโปรตีนที่สกัดได้จากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

ผงโปรตีนที่สกัดด้วยวิธี D มีลักษณะคล้ายแผ่นโฟมขนาดเล็กและเบา ไม่สามารถทำให้เป็นผงละเอียดได้ (ภาพที่ 3ก) ส่วนผงโปรตีนสกัดด้วยวิธี DA และ DE สามารถบดให้เล็กลงได้ แต่ไม่สามารถทำให้เป็นผงละเอียดได้เช่นเดียวกับวิธี D (ภาพที่ 3ข และ 3ค) ซึ่งผงโปรตีนสกัดด้วยวิธี DA จะมีเม็ดเล็กกลมและค่อนข้างแข็ง ส่วนวิธี DE เมื่อบดละเอียดแล้วจะมีลักษณะเป็นแผ่นสะเก็ดขนาดเล็กและเบา และผงโปรตีนสกัดด้วยวิธี DAE มีลักษณะเป็นผงละเอียดขนาดเล็กกว่าวิธีการสกัดแบบอื่น (ภาพที่ 3ง) เมื่อนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ไม่มีเศษเหลือติดค้างอยู่ในตะแกรง



ภาพที่ 3 ผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล ที่สกัดแตกต่างกัน 4 วิธี

- ก สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดัน (D)
- ข สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับกรดซิตริก (DA)
- ค สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับกรดซิตริกและเอนไซม์เพปซิน (DAE)
- ง สกัดด้วยวิธีการให้ความร้อนภายใต้ความดันร่วมกับเอนไซม์เพปซิน (DE)

นำผงโปรตีนที่สกัดได้มาคำนวณหาปริมาณร้อยละของผลผลิต (%Yield) พบว่า ผงโปรตีนสกัดด้วยวิธี DAE ให้ผลผลิตดีที่สุดที่ร้อยละ 13.98 มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ($p \leq 0.05$) โดยวิธีการผลิตแบบ D, DA และ DE มีค่าร้อยละ 4.43, 10.01 และ 6.59 ตามลำดับ นอกจากนี้ DAE ยังมีร้อยละของโปรตีนและระดับการย่อยโปรตีนสูงที่สุด คือ 50.59 และ 50.71 ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jung *et al.* (2005) ทดลองใช้กรดย่อยกระดูกปลาเปรียบเทียบการใช้กรดร่วมกับเอนไซม์เพปซิน พบว่า การใช้เอนไซม์เพปซินเพียงอย่างเดียวสามารถวัดค่าการย่อยสลายของโปรตีนน้อยกว่าการใช้กรดร่วมกับเอนไซม์ แสดงให้เห็นว่าการใช้กรดและเอนไซม์มีผลต่อปริมาณและระดับการย่อยโปรตีน โดยกรดจะทำให้กระดูกปลาฟองตัวและทำลายพันธะที่เชื่อมระหว่างโมเลกุล ส่งผลให้คอลลาเจนเสื่อมสภาพ ทำให้กระดูกปลาละลายในน้ำได้มากขึ้น เอนไซม์จึงย่อยสลายคอลลาเจนได้ง่ายขึ้น (สุภาวดี, 2556) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ปรับ pH ให้เป็นกลางเพื่อหยุดปฏิกิริยาของเอนไซม์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Whitaker (1994) ซึ่งระบุว่า การทำงานของเอนไซม์เพปซินสามารถทำงานได้ดีที่ pH 2 และถูกยับยั้งด้วยสภาวะเป็นกลาง pH 7 เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมและพันธะที่เล็กลง รวมทั้งความจำเพาะในการทำงานของเอนไซม์เพปซินที่มีต่อกรดอะมิโน (Jung *et al.*, 2006) ดังนั้น จึงเลือกวิธีการสกัด DAE ก่อนนำไปทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 2 ร้อยละของผลผลิต (%Yield) โปรตีน และระดับการย่อยโปรตีน (%DH) ของการสกัด 4 วิธี

วิธีการสกัด	Yield (%)	โปรตีน (%)	DH (%)
D	4.43±0.46 ^d	29.45±1.25 ^d	31.42±0.11 ^c
DA	10.01±0.69 ^b	42.75±0.98 ^b	33.77±0.41 ^b
DAE	13.98±0.66 ^a	50.59±1.11 ^a	50.71±0.58 ^a
DE	6.59±0.51 ^c	35.64±0.84 ^c	33.40±0.15 ^b

a,b,... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p≤0.05)

นำผงโปรตีนที่สกัดด้วยวิธี DAE วิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายและกลุ่มที่ทำให้เกิดกลิ่นรส ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยกลุ่มที่จำเป็นต่อร่างกาย ได้แก่ ฟีนิลอะลานีน (Phe) วาลีน (Val) ทรีโอนีน (Thr) เมไทโอนีน (Met) ลิวซีน (Leu) ไอโซลิวซีน (Ile) ไลซีน (Lys) และฮิสทีดีน (His) อยู่ในช่วง 736.87-2,720.33 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และกลุ่มที่ให้กลิ่นรสที่สำคัญในการนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ กลูตามิก (Glu) 5,037.08 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และแอสปาดิก (Asp) 3,138.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม กรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดรสหวานรสอร่อย (Umami) รวมทั้งรสเปรี้ยว (Kawai *et al.*, 2012) โดยรสเปรี้ยวและหวานนั้นเป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญของปลานวลจันทร์ทะเล นอกจากนี้ ยังพบไกลซีน (Gly) 5,475.47 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีรสหวานเช่นกัน รวมทั้งทำหน้าที่ในการช่วยในการสร้างโปรตีนและควบคุมการรับรู้ทางประสาทสัมผัส กรดอะมิโนกลุ่มนี้จะเป็นตัวสร้างรสชาติของผลิตภัณฑ์ มากกว่ารสชาติที่เกิดจากกลุ่มเปปไทด์ (รวีพิมพ์ และประพันธ์, 2537)

ตารางที่ 3 ปริมาณกรดอะมิโนของผงโปรตีนที่สกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล โดยวิธี DAE

กรดอะมิโน	ปริมาณ (มก./100 ก.)	กรดอะมิโน	ปริมาณ (มก./100 ก.)
เมไทโอนีน (Met)	736.87±135.71	แอสปาดิก (Asp)	3,138.30±124.51
ไอโซลิวซีน (Ile)	1,107.25±40.13	เซอรีน (Ser)	1,697.25±85.02
ลิวซีน (Leu)	2,398.10±329.31	กลูตามิก (Glu)	5,037.08±238.60
ฟีนิลอะลานีน (Phe)	1,022.56±34.18	โพรลีน (Pro)	2,641.54±133.42
ฮิสทีดีน (His)	1,450.42±101.56	ไกลซีน (Gly)	5,475.47±259.51
ไลซีน (Lys)	2,720.33±191.46	อะลานีน (Ala)	2,823.91±132.99
ทรีโอนีน (Thr)	1,554.34±52.62	ไทโรซีน (Tyr)	1,239.38±206.28
วาลีน (Val)	1,205.38±40.52	อาร์จินีน (Arg)	2,257.04±105.81

หมายเหตุ ผลการทดสอบจากบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด

อย่างไรก็ตาม ปริมาณฮีสทิดีนที่พบ 1,450.42 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม อาจทำให้เกิดอาการแพ้ในกลุ่มผู้ที่แพ้อาหารทะเลได้ เนื่องจากฮีสทิดีนจะถูกเมตาบอไลต์ด้วยเอนไซม์ฮีสทิดีนดีคาร์บอกซิเลสไปเป็นฮีสตามีน ซึ่งความรุนแรงของฮีสตามีนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบุคคล โดยทั่วไปปริมาณฮีสตามีนที่ทำให้ผู้บริโภคแสดงอาการ ตั้งแต่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป แต่มักพบอาการชัดเจนเมื่อผู้บริโภครับประทานอาหารที่ฮีสตามีนมากกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (สุวิมล และวรวิทย์, 2564)

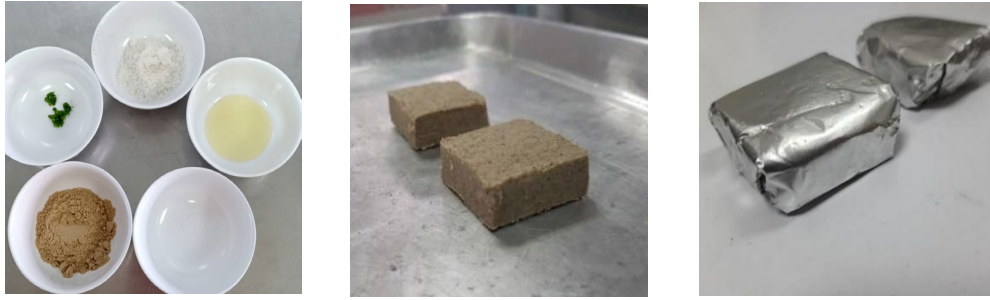
คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผงโปรตีนที่สกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล มีกลิ่นคล้ายเนื้อปลาต้มสุก มีกลิ่นคาวปลาเด่นชัด พบมากที่สุดในตัวอย่างที่ใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวในการสกัดตัวอย่าง (D)

2. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปก๊อจากผงโปรตีนสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

นำผงโปรตีนที่สกัดได้จากวิธี DAE มาเป็นส่วนผสมของผงปรุงรสสำเร็จรูปในรูปซูปก๊อ โดยเปรียบเทียบกับสูตรกับผงปรุงรสทางการค้าที่มีกลิ่นและรสของเนื้อสัตว์ที่มีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 4 ได้แก่ น้ำมันปาล์ม เกลือ เนื้อสัตว์ ผงชูรส (MSG และ I+G) ผงเซเลอรี่ และน้ำตาล โดยใช้ผงโปรตีนที่สกัดได้จากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลมาใช้ประโยชน์ในการทดแทนส่วนประกอบของเนื้อสัตว์และผงชูรส (MSG และ I+G) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดรสชาติและกลิ่นที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับ โดย MSG และ I+G ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (E635) เพื่อปรุงแต่งรสอาหารที่ให้อรรถรส (Umami) เป็นสารเสริมกลิ่นรส มีสมบัติในการเสริมกลิ่นรสที่หลากหลายและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (สุวิมล, 2554) โดยการนำส่วนผสมทั้งหมดมารวมกันและขึ้นรูปเป็นก๊อ (ภาพที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณส่วนผสมของซูปก๊อทางการค้าและซูปก๊อดัดแปลง

ส่วนผสม	ซูปก๊อทางการค้า		ซูปก๊อดัดแปลง	
	กรัม	ร้อยละ	กรัม	ร้อยละ
1. น้ำมันปาล์ม	2.09	19	2.09	19
2. เกลือ	4.95	45	4.95	45
3. เนื้อสัตว์	3.20	29	-	-
4. ผงชูรส (MSG และ I+G)	0.11	1	-	-
5. ผงโปรตีนสกัด	-	-	3.31	30
6. ผงเซเลอรี่	0.23	2	0.23	2
7. น้ำตาล	0.42	4	0.42	4



ภาพที่ 4 ส่วนผสมและชูปัก่อนต้นแบบ

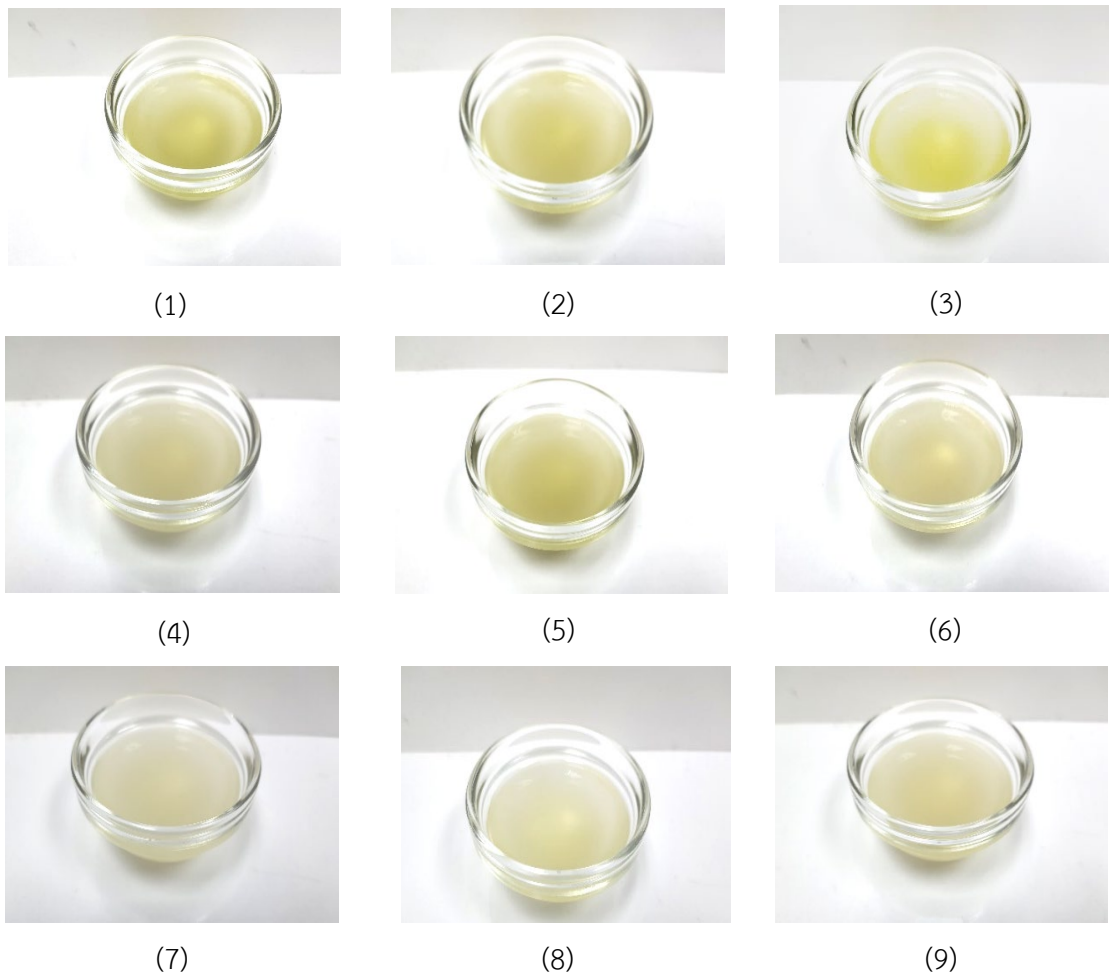
นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทดสอบความพอดี (JAR) และทดสอบความชอบโดยให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point hedonic scale และนำมาวิเคราะห์โอกาสในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Opp) และวิเคราะห์แบบพินอลติ (Pen) ตามวิธีการวิเคราะห์และแปลผลของวิวัฒน์ (2557) (ภาคผนวก ค) เพื่อใช้พิจารณาความสำคัญของระดับความเข้มของลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สนใจต่อการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ และเป็นแนวทางในการปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (วิวัฒน์, 2556ข) โดยกำหนดการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่สนใจ 4 ด้าน ได้แก่ กลิ่นปลา รสเค็ม รสหวาน และลักษณะปรากฏ ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยผลการวิเคราะห์ค่า Opp พบว่า ผู้ทดสอบจำนวน 70 คน มีสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยง (%Risk) มากกว่าสัดส่วนของกลุ่มโอกาส (%Opp) ใน 2 คุณลักษณะ ได้แก่ รสเค็ม และลักษณะปรากฏ จึงไม่ต้องการปรับปรุงคุณลักษณะทั้ง 2 ด้าน ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นปลาและรสหวาน พบว่า ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่สนใจมีสัดส่วนของกลุ่มโอกาสในการปรับปรุงสูงถึงร้อยละ 94.59 และ 95.00 ตามลำดับ

การลดหรือเพิ่มคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและรสหวาน เพื่อเพิ่มโอกาสในการปรับปรุงนั้น พิจารณาได้จากค่าพินอลติทั้งหมดและค่าเฉลี่ยที่ลดลง จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าพินอลติทั้งหมดของกลิ่นปลาที่มากไป $|0.66|$ และความหวานน้อยไป $|0.79|$ มีผลต่อการยอมรับรวมอย่างมาก โดยค่าเฉลี่ยที่ลดลงระบุว่า หากลดกลิ่นปลาที่มากไป -1.70 และเพิ่มความหวาน -1.45 จะมีโอกาสที่ผู้ทดสอบจะยอมรับผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น เห็นได้จากผู้ทดสอบจำนวน 27 คน (ร้อยละ 38.57) ให้คะแนนความพอดีด้านกลิ่นปลาเข้มเกินไป ที่คะแนนความชอบเฉลี่ย 4.44 คะแนน และผู้ทดสอบจำนวน 41 คน (ร้อยละ 58.57) ให้คะแนนความพอดีด้านความหวานเข้มน้อยไป ที่คะแนนความชอบเฉลี่ย 4.41 คะแนน แสดงให้เห็นว่าหากปรับปรุงกลิ่นปลาและความหวานของผลิตภัณฑ์จะมีโอกาสต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงพิจารณาทั้ง 2 คุณลักษณะในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบวิธีแบบผสมผสาน (Mixture design) เป็นการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ ที่ใช้ปัจจัยในการศึกษา 3 ปัจจัย ซึ่งจากการศึกษาโดยใช้การทดสอบความพอดี การทดสอบโดยให้คะแนนความชอบ พบว่า ปัจจัยที่ต้องนำมาปรับปรุงคือ กลิ่นปลาและความหวาน ส่วนปัจจัยที่ 3 ได้จากการสอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติมจากผู้ทดสอบ พบว่า ผู้ทดสอบต้องการให้เพิ่มกลิ่นเครื่องเทศเพื่อปรับปรุงให้มีกลิ่นดีขึ้น จึงเลือกองค์ประกอบที่สนใจในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับ 3 คุณลักษณะ ได้แก่ การลดกลิ่นปลา การเพิ่มรสชาติหวาน และการเพิ่มกลิ่นเครื่องเทศ ด้วยการนำ

ส่วนผสม 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ผงโปรตีนสกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล น้ำตาล และผงเซเลอรี่ เพื่อนำไปหาสูตรที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบวิธีแบบผสมผสาน (Mixture design) ดังแสดงในภาคผนวก จ

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปก้อนที่สกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล โดยแปรแบบการทดลองเป็น 9 สูตร จากการออกแบบผสมผสาน (Mixture design) ที่จำกัดสัดส่วนปัจจัยที่ศึกษา (Extreme vertices) ดังแสดงในภาคผนวก จ พบว่า ทั้ง 9 สูตร มีลักษณะปรากฏใส สีน้ำตาลออกเหลือง มีตะกอนเล็กน้อยที่เกิดจากผงโปรตีนสกัดและผงเซเลอรี่ที่ละลายไม่สมบูรณ์ (ภาพที่ 5) ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ด้านกลิ่น รสชาติ รวมทั้งความชอบรวม อยู่ในช่วงระดับปานกลาง จนถึงระดับชอบมาก คะแนน 5.65–7.20, 5.70–7.30 และ 5.45–7.45 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยแบบการทดลองที่ 9 ซึ่งเป็นแบบที่มีส่วนผสมของผงโปรตีนร้อยละ 28 ผงเซเลอรี่ร้อยละ 3.5 และน้ำตาลร้อยละ 4.5 ได้รับคะแนนจากผู้ทดสอบสูงที่สุดด้านรสชาติและความชอบรวม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่คะแนน 7.30 ± 0.57 และ 7.45 ± 0.51 ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ซูปจากซูปก้อนที่มีผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลผสมในสัดส่วนที่ต่างกัน 9 สูตร

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์โอกาสในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Opportunity) และการวิเคราะห์แบบพินอลตี (Penalty analysis)

ลักษณะที่สนใจ		ผู้ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย	ไม่ชอบผลิตภัณฑ์	ชอบผลิตภัณฑ์	กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มโอกาส	ค่าเฉลี่ยที่ลดลง	ค่าพินอลตีทั้งหมด
		จากระดับพอดี	ความชอบ	1-5 คะแนน	6-9 คะแนน	(%Risk)	(%Opp)	(Mean drop)	(Total Penalty)
กลิ่นปลา	น้อยไป	22	4.95	17 ^D	5 ^A			-1.19	10.371
	พอดี	21	6.14	2 ^C	19 ^B	57.58	94.59	-	-
	มากไป	27	4.44	18 ^D	9 ^A			-1.70	10.661
รสเค็ม	น้อยไป	14	5.43	11 ^D	3 ^A				
	พอดี	42	6.10	5 ^C	37 ^B	88.10	82.14		
	มากไป	14	4.29	12 ^D	2 ^A				
รสหวาน	น้อยไป	41	4.41	38 ^D	3 ^A			-1.45	10.791
	พอดี	29	5.86	2 ^C	27 ^B	90.00	95.00	-	-
	มากไป	-	-	-	-			-	-
ลักษณะปรากฏ	น้อยไป	13	4.15	11 ^D	2 ^A				
	พอดี	57	5.56	26 ^C	31 ^B	93.94	29.73		
	มากไป	-	-	-	-				

A = ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ชอบคุณลักษณะที่สนใจ, B = ผู้ทดสอบที่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะที่สนใจ
C = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ชอบคุณลักษณะที่สนใจ, D = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และคุณลักษณะที่สนใจ

ตารางที่ 6 คะแนนทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปรักัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล ส่วนผสมแตกต่างกัน 9 แบบ

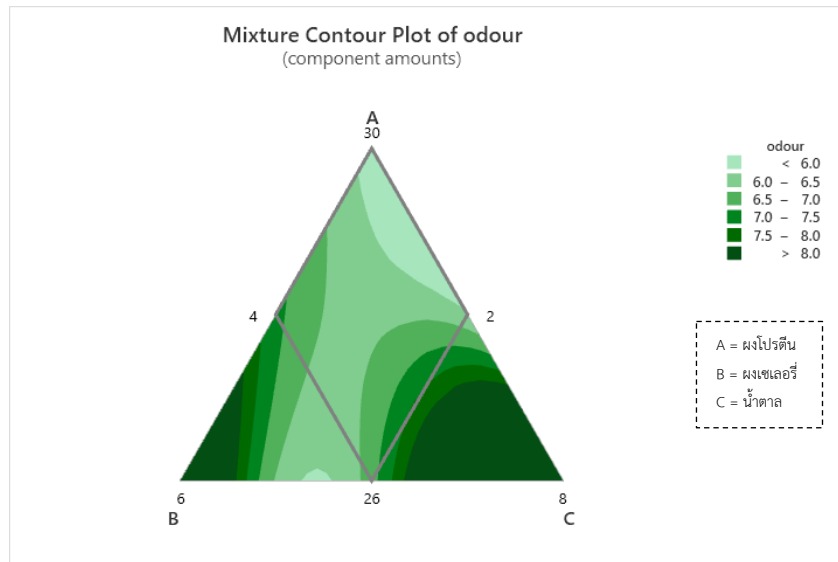
แบบการทดลอง	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
1	5.65±0.49 ^f	5.70±0.66 ^c	5.45±0.51 ^e
2	7.20±0.41 ^a	5.75±0.55 ^c	7.25±0.44 ^a
3	6.10±0.45 ^e	6.45±0.76 ^b	6.00±0.46 ^d
4	6.80±0.41 ^b	7.00±0.80 ^a	6.95±0.51 ^b
5	6.30±0.47 ^{de}	6.45±0.76 ^b	6.55±0.51 ^c
6	6.10±0.64 ^e	6.10±0.72 ^{bc}	5.80±0.41 ^d
7	6.45±0.51 ^{cd}	6.30±0.66 ^b	6.35±0.49 ^c
8	6.40±0.50 ^{cde}	6.30±0.47 ^b	6.35±0.49 ^c
9	6.70±0.47 ^{bc}	7.30±0.57 ^a	7.45±0.51 ^a

a,b,... ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรยกกำลังแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

นำผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมกับปัจจัยที่ศึกษา มาสร้างกราฟพื้นที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนผสมที่แตกต่างกัน พบว่า ภาพพื้นที่ผิวตอบสนองต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น (ภาพที่ 6) มีพื้นที่เข้มที่สุด (คะแนนมากกว่า 8) อยู่บริเวณมุมผงเซเลอรี่ (B) และมุมน้ำตาล (C) แสดงว่าการเพิ่มปริมาณของผงเซเลอรี่ น้ำตาล หรือลดปริมาณผงโปรตีนมีผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น ส่วนภาพพื้นที่ผิวตอบสนองต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ (ภาพที่ 7) มีพื้นที่เข้มที่สุด (คะแนนมากกว่า 8) อยู่บริเวณกึ่งกลางของฐานสามเหลี่ยมของผงโปรตีน แสดงว่าการลดปริมาณโปรตีนส่งผลให้คะแนนความชอบด้านรสชาติเพิ่มขึ้น และภาพพื้นที่ผิวตอบสนองต่อคะแนนความชอบรวม (ภาพที่ 8) มีพื้นที่เข้มที่สุด (คะแนนมากกว่า 8) อยู่บริเวณด้านข้างของสามเหลี่ยมใกล้มุมผงโปรตีน (A) และบริเวณฐานของสามเหลี่ยมใกล้จุดกึ่งกลางมาทางมุมน้ำตาล (C) แสดงว่าถ้าต้องการเพิ่มปริมาณผงโปรตีนต้องลดปริมาณน้ำตาล และลดปริมาณผงเซเลอรี่ ส่งผลให้คะแนนความชอบด้านความชอบรวมเพิ่มขึ้น

จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระอย่างมีขั้นตอน (Stepwise regression) ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรต้นหลายตัว (รวิพิมพ์, 2559) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความชอบด้านกลิ่น โดยเลือกใช้สมการกำลังสอง (Quadratic model) ซึ่งมีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ ผงโปรตีน (A) ผงเซเลอรี่ (B) น้ำตาล (C) อิทธิพลร่วมระหว่างผงเซเลอรี่กับน้ำตาล (BC) และค่า Lack of fit มีค่า p-value เท่ากับ 0.075 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 นั้นหมายความว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำเพียงพอในการพยากรณ์ค่าความชอบด้านกลิ่น (ภาคผนวก ข) ดังสมการที่ (3)

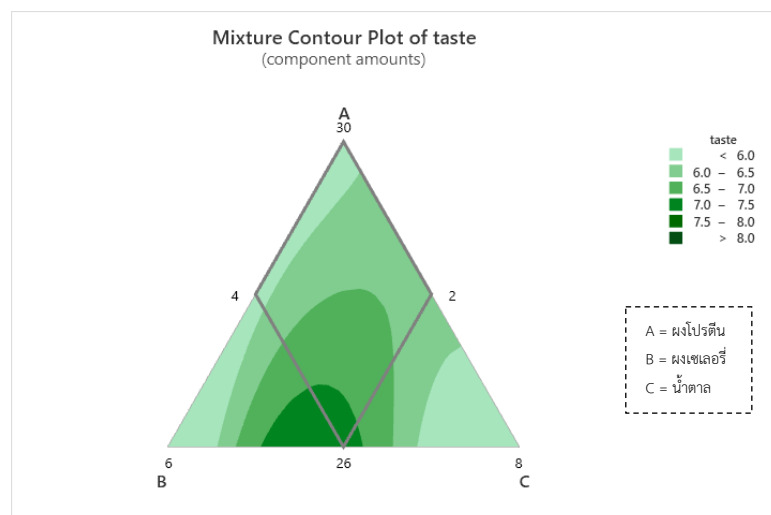
$$\text{Odour} = 0.04158A + 1.57129B + 0.71541C - 0.20294BC \quad (3)$$



ภาพที่ 6 พื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น

ปัจจัยที่มีผลต่อความชอบด้านรสชาติเลือกใช้สมการกำลังสามแบบพิเศษ (Special cubic model) ซึ่งมีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ ผงโปรตีน (A) ผงเซลลูโลส (B) น้ำตาล (C) อิทธิพลร่วมระหว่างผงโปรตีนกับผงเซลลูโลส (AB) อิทธิพลร่วมระหว่างผงเซลลูโลสกับน้ำตาล (BC) อิทธิพลร่วมระหว่างโปรตีน ผงเซลลูโลส และน้ำตาล (ABC) และค่า Lack of fit มีค่า p-value เท่ากับ 0.058 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายความว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำเพียงพอในการพยากรณ์ค่าความชอบรสชาติ (ภาคผนวก ข) ดังสมการที่ (4)

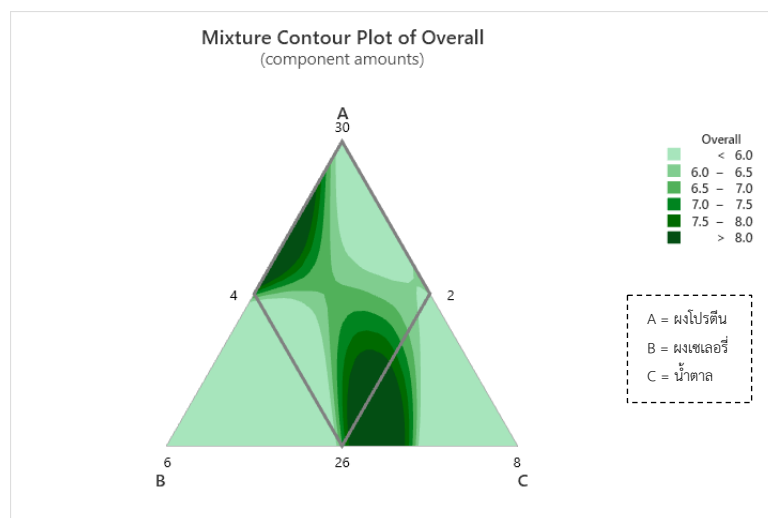
$$\text{Taste} = 0.74402A + 69.90926B - 2.21843C - 2.62013AB - 9.78875BC + 0.36667ABC \quad (4)$$



ภาพที่ 7 พื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติ

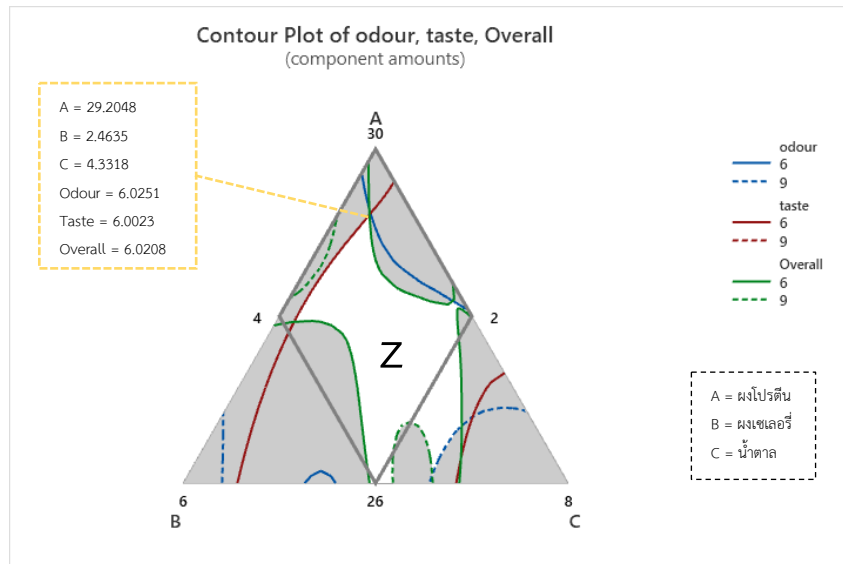
ปัจจัยที่มีผลต่อความชอบรวมเลือกใช้สมการกำลังสี่แบบพิเศษ (Special quartic model) ซึ่งมีค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ ผงโปรตีน (A) ผงเซเลอรี่ (B) น้ำตาล (C) อิทธิพลร่วมระหว่างผงโปรตีนกับผงเซเลอรี่ (AB) อิทธิพลร่วมระหว่างผงเซเลอรี่กับน้ำตาล (BC) อิทธิพลร่วมระหว่างผงโปรตีนกับน้ำตาล (A²BC) อิทธิพลร่วมระหว่างผงโปรตีน ผงเซเลอรี่กำลังสอง และน้ำตาล (AB²C) อิทธิพลร่วมระหว่างผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลกำลังสอง (ABC²) และค่า Lack of fit มีค่า p-value เท่ากับ 0.054 ซึ่งมีความมากกว่า 0.05 นั้นหมายความว่าสมการที่ได้มีความแม่นยำเพียงพอในการพยากรณ์ค่าความชอบรวม (ภาคผนวก ฉ) ดังสมการที่ (5)

$$\begin{aligned} \text{Overall} = & -2.63079A - 804.34329B + 7.49838C + 29.56667AB - 141.86667BC \\ & + 0.05658A^2BC + 0.40837AB^2C + 0.43813ABC^2 \end{aligned} \quad (5)$$



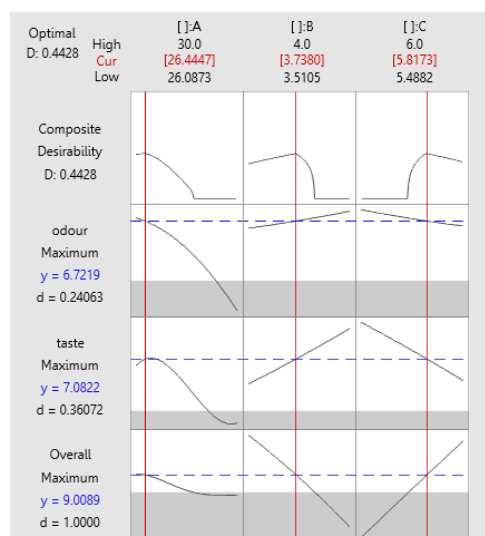
ภาพที่ 8 พื้นผิวตอบสนองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษาต่อคะแนนความชอบด้านความชอบรวม

เมื่อนำภาพพื้นผิวตอบสนองของคะแนนการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส ด้านกลิ่นรสชาติ และความชอบรวมมาซ้อนทับกันเพื่อหาพื้นที่ (Overlaid contour plot) ในการคัดเลือกสูตรที่เหมาะสม โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีค่าคะแนนอยู่ระหว่าง 6-9 เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม จากภาพที่ 9 พบว่าพื้นที่ทับกัน (Z) เป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมของส่วนผสมในการผลิตชูปกก่อนที่มีผงโปรตีนจากส่วนข้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล โดยช่วงปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการนำส่วนผสมไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26.0196–29.2048, 2.0234–4.0457 และ 4.1903–6.5395 ตามลำดับ



ภาพที่ 9 พื้นที่ซ้อนทับของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษากับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ Response optimization ได้ค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้รับคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของซูปก้อนจากผู้บริโภค ดังแสดงในภาพที่ 10 พบว่าเงื่อนไขของสูตรซูปก้อนที่เหมาะสม (Optimum desirability) ที่ทำให้ความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมมากที่สุด คือ ผงโปรตีน ผงเชลเลอร์ และน้ำตาลร้อยละ 26.4447, 3.7380 และ 5.8173 ตามลำดับ จะได้ซูปก้อนที่มีคะแนนความชอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมจากผู้ทดสอบ เท่ากับ 6.72, 7.08 และ 9.00 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการเพิ่มปริมาณผงโปรตีนให้ได้สูงสุดที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับได้ (คะแนน ≥ 6) จะต้องใช้ผงโปรตีน ผงเชลเลอร์ และน้ำตาลร้อยละ 29.2048, 2.4635 และ 4.3318 ตามลำดับ จะได้ซูปก้อนที่มีคะแนนความชอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบรวมจากผู้ทดสอบ เท่ากับ 6.03, 6.00 และ 6.02 ตามลำดับ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 10 การวิเคราะห์ Response optimization จุดที่เหมาะสมของซูปก้อน

สรุปผลการทดลอง

1. การสกัดผงโปรตีนจากส่วนก้างและหัวของปลานวลจันทร์ทะเลที่เป็นเศษเหลือ โดยวิธีการย่อยด้วยกรดซิตริก 150 กรัม ให้ความร้อนภายใต้ความดันที่อุณหภูมิ 121 °C ความดัน 15 ปอนด์ นาน 75 นาที และย่อยด้วยเอนไซม์เพปซินร้อยละ 3 และนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ให้อายุของผลผลิตดีที่สุดเท่ากับ 13.98 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 50.59 พบกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย และกลุ่มที่ให้กลิ่นรสที่สำคัญ ได้แก่ กลูตามิก (Glu) และแอสปาทิก (Asp) ในปริมาณ 5,037.08 และ 3,138.30 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ตามลำดับ

2. การพัฒนาซูปก้อนจากผงโปรตีนที่สกัดจากส่วนก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเลโดยการทดลองแบบผสมผสาน (Mixture design) แบบจำกัดสัดส่วน (Extreme vertices) ได้สัดส่วนของส่วนประกอบที่เหมาะสมในการผลิตซูปก้อนอยู่ในช่วง ดังนี้ ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26.0196-29.2048, 2.0234-4.0457 4.1903-6.5395 ตามลำดับ และจุดที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 26.4447, 3.7380 และ 5.8173 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การผลิตซูปก้อนที่มีปริมาณผงโปรตีนมากที่สุดและยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยคะแนนความชอบทางคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ≥ 6 ต้องประกอบด้วยผงโปรตีน ผงเซเลอรี่ และน้ำตาลร้อยละ 29.2048, 2.4635 และ 4.3318 ตามลำดับ

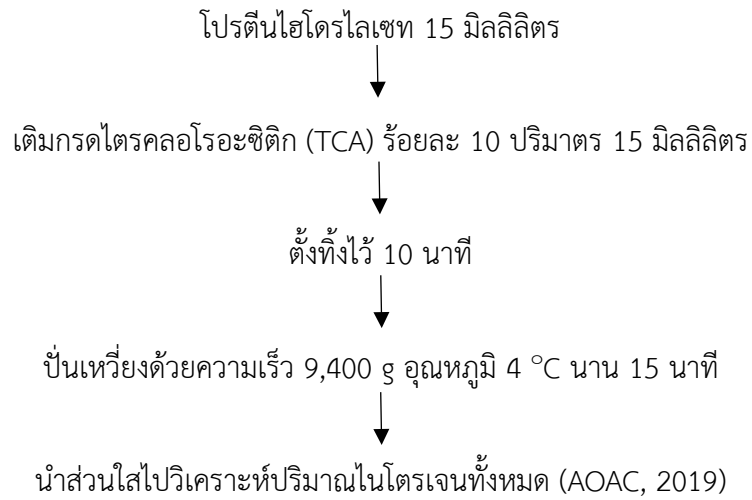
เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. 2551. นวลจันทร์ทะเล ปลาไทยในพระราชดำริ. ศูนย์ประสานงานความปลอดภัยด้านอาหาร, กรมประมง. 51 หน้า.
- กรมประมง. 2560. กรมประมงโซว์งานสุดเจ๋ง เปลี่ยนเศษหนังปลานิลเหลือทิ้งเป็นคอลลาเจนคุณภาพสูง. แหล่งที่มา: https://www4.fisheries.go.th/index.php/dof/activity_item/1192. 9 พฤศจิกายน 2565.
- ชาติชาย ศิริพัฒน์. 2551. ปลานวลจันทร์ทะเล หนึ่งเดียวในพระราชกระแสรับสั่ง. แหล่งที่มา: <https://www.thairath.co.th/content/649497>. 12 ธันวาคม 2565.
- ทิพย์วลี จุลมัญลิก และ ศศิธร คงเรือง. 2562. สมบัติเชิงหน้าที่และการประยุกต์ใช้โปรตีนไข่ขาวไฮโดรไลเซต. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 14 (1): 69-87.
- เนื่อน้อง บำราบพาล. 2543. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปปลาบรรจุกระป๋องโดยใช้เศษเหลือจากกระบวนการปลาแช่แข็ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 139 หน้า.
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนานนท์. 2553. Disodium 5-ribonucleotide / ไดโซเดียม ไรโบนิวคลีโอไทด์. แหล่งที่มา: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3039/disodium-5-ribonucleotide-ไดโซเดียม-ไรโบนิวคลีโอไทด์>. 14 มีนาคม 2566.

- มัลลิกา วัฒนภิรมย์สกุล, สุมิตรา บุญบำรุง, นันทิภา พันธุ์สวัสดิ์ และ จุฑา มุกตาสนิท. 2558. การผลิตซูปก้อนพร้อมดื่ม. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 53 ประจำปี 2558. วันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2558 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 1412-1422.
- รวีพิมพ์ ฉวีสุข และ ประพันธ์ ปิ่นศิโรตม. 2537. การศึกษาการผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากน้ำต้มกุ้งเพื่อเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสอาหาร. รายงานผลการวิจัยเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2537. คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 62 หน้า.
- รวีพิมพ์ ฉวีสุข. 2559. สถิติเพื่อการจัดการอุตสาหกรรมเกษตร. พิมพ์ครั้งที่ 2. สุเนตรฟิล์ม, กรุงเทพฯ. 411 หน้า.
- วัชร คุงรัตน์ และ อรรณพ คงพันธุ์. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลานวลจันทร์ทะเล. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 8/2558. กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 45 หน้า.
- วิรัชชัย แก่นแสนดี. 2563. โปรตีนไฮโดรไลเซต (Protein Hydrolysates). แหล่งที่มา: http://www3.rdi.ku.ac.th/cl/knowledge/2563/protein_hydrolysate.pdf. 17 มีนาคม 2566.
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2556ก. การวิเคราะห์แบบฟินอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) ในการประเมินด้านประสาทสัมผัส. วารสารอาหาร 43 (4): 20-23.
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2556ข. การประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้เกณฑ์ความพอดี. วารสารอาหาร 43 (2): 18-24.
- วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2557. การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity Analysis) เพื่อการพิจารณาปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์. วารสารอาหาร 44 (2): 19-22.
- สุณิสสา สุวรรณพันธ์, สุภาพร พาเจริญ และ พาขวัญ ทองรักษ. 2561. การผลิตโปรตีนไฮโดรไลเซตจากเศษเหลือปลาดุกด้วยเอนไซม์จากพืช. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 70 หน้า.
- สุภาวดี จอดนาค. 2556. กิจกรรมทางชีวภาพของโปรตีนไฮโดรไลเซตจากกระดูกปลานิลและผลต่อเซลล์สร้างกระดูก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 90 หน้า.
- สุรเดช สดคมขำ. 2564. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงชายฝั่งประจวบคีรีขันธ์ เพาะพันธุ์ปลานวลจันทร์ทะเล เพื่อเกษตรกรมีรายได้ตามแนวพระราชดำริ. แหล่งที่มา: https://www.technologychaoban.com/fishery-technology/article_41807. 12 ธันวาคม 2565.
- สุวิมล กิรติพิบูล. 2554. กระบวนการผลิตโมโนโซเดียมกลูตาเมต: หนึ่งในวัตถุเจือปนอาหาร. ใน: บรรหาร กอนันตกุล และ ปรียา ลิฬกุล (บรรณาธิการ). โมโนโซเดียมกลูตาเมต, พิมพ์ครั้งที่ 3. เอราวัณการพิมพ์, สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางอาหารแห่งประเทศไทย. หน้า 1-16.

- สุวิมล กীরติวิริยาภรณ์ และ วรวิทย์ อารีกุล. 2564. ฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. วารสารการประมงอิเล็กทรอนิกส์ 4 (2): 11–24.
- สุมาลัย ศรีกำไลทอง, ศรีศักดิ์ ตรังวัชรกุล, วุฒิภุช จิรภัทรสุนทร และ วิไลวรรณ พิชยานกุล. 2545. ชูปลาสกัดเข้มข้นและพร้อมดื่มจากน้ำนิ่งปลาของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง. ใน: การประชุมทางวิชาการ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ครั้งที่ 40 ประจำปี 2545. วันที่ 4–7 กุมภาพันธ์ 2545 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 251–257.
- หมอชาวบ้าน. 2536. ชูปลง-ชูปลาก่อน. แหล่งที่มา: <https://www.doctor.or.th/article/detail/3737>. 31 สิงหาคม 2566.
- AOAC. 2019. Official methods of analysis of AOAC International 21th ed. AOAC International, USA.
- Jung, W. K., Park, P. J., Byun, H. G., Moon, S. H., and S. K. Kim. 2005. Preparation of Hoki (*Johnius Belengerii*) Bone Oligophosphopeptide with a High Affinity to Calcium by Carnivorous Intestine Crude Proteinase. *Food Chem.* 91: 333–340.
- Jung, W. K., Karawita, R., Hro, S. J. Lee, B. J. Kim, S. K. and Jeon Y. J. 2006. Recovery of a Novel Ca-binding Peptide from Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) Backbone by Pepsinolytic Hydrolysis. *Process Biochem.* 41: 2097–2100.
- Kawai, M., Y. S. Hayakawa, A. Okiyama and Y. Ninomiya. 2012. Gustatory Sensation of (L) - and (D)-Amino Acids in Humans. *Amino Acid.* 43 (6): 2349–2358.
- Nam, P. V., V. N. Hoa, T. T. L. Anh and T. S. Tuang. 2020. Towards Zero-Waste Recovery of Bioactive Compounds from Catfish (*Pangasius hypophthalmus*) By-Products Using an Enzymatic Method. *Waste Biomass Valori.* 11: 4195-4206.
- Ovissipour, M., S. Benjakul, R. Safari and A. Motamedzadegan. 2010. Fish Protein Hydrolysates Production from Yellowfin *Thunnus Albacares* Head Using Alcalase and Protamex. *IAR.* 2: 87–95.
- Sugita, Y. H. 2002. Flavor Enhancers. In: Branen, A. L., P. M. Davidson, S. Salminen and J. H. Thorngate III (eds.). Food Additives. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 409-445.
- Whitaker, J. R. 1994. Principles of Enzymology for the Food Sciences. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc., New York. 648 pp.
- Yang, Y., Wang, W. and Y. Liu. 2019. Umami and Bitterness Profile of Enzymatic Protein Hydrolysates from Cultured *Takifugu obscurus* By-Products. *Food Measure.* 14: 476–484.

ภาคผนวก ก



ภาพผนวกที่ 1 วิธีการหาระดับการย่อยสลายของโปรตีนไฮโดรไลเซต (%DH)

การคำนวณหาการย่อย

$$\%DH = \frac{\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างที่ละลายในกรดไตรคลอโรอะซิติก (TCA) ร้อยละ 10} \times 100}{\text{ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผงโปรตีนสกัด}}$$

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบความชอบร่วมกับทดสอบความพอดี

ผลิตภัณฑ์ : ชูบก้อนรสปลา ผู้ทดสอบ : วันที่ :

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่ได้รับอย่างน้อยหนึ่งส่วนสามของปริมาณตัวอย่าง แล้วให้คะแนน 1 ถึง 9 ลงในช่อง การทดสอบความชอบ (Hedonic 9-point scale) และทำเครื่องหมาย X ลงในช่องการทดสอบความพอดี (Just about right) เพื่อให้ระดับความพอดีต่อผลิตภัณฑ์และกรุณابันทึกระหว่างตัวอย่าง

สเกลคะแนนความชอบ 1-9

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 – ไม่ชอบมากที่สุด | 2 – ไม่ชอบมาก | 3 – ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 – ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 – บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | 6 – ชอบเล็กน้อย |
| 7 – ชอบปานกลาง | 8 – ชอบมาก | 9 – ชอบมากที่สุด |

รหัส ตัวอย่าง	คุณลักษณะ	การทดสอบความชอบ	การทดสอบความพอดี		
			อ่อนไป	พอดี	เข้มไป
	ลักษณะปรากฏ				
	สี				
	กลิ่นปลา				
	รสเค็ม				
	รสหวาน				
	ความชอบรวม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์โอกาส (Opportunity analysis) (วิวัฒน์, 2557) คือการนำข้อมูล 2 ส่วนจากผู้ทดสอบ คือ (1) ข้อมูลความเข้มของลักษณะที่สนใจโดยใช้ระดับความพอดี แบบ 3 ระดับ คือ อ่อนหรือน้อยเกินไป พอดี และเข้มหรือมากเกินไป และ (2) ข้อมูลความชอบ/การยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัส 9 จุด (ตารางผนวกที่ 1 และ ภาพผนวกที่ 2) มาพิจารณาแบ่งผู้ทดสอบออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

A = ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ไม่ชอบลักษณะที่สนใจ

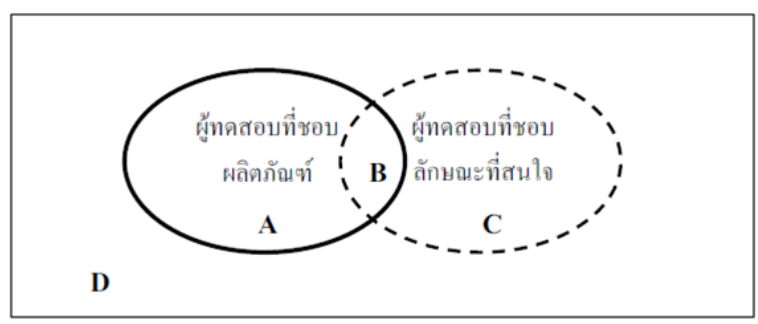
B = ผู้ทดสอบที่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และลักษณะที่สนใจ

C = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่ชอบลักษณะที่สนใจ

D = ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบทั้งผลิตภัณฑ์และลักษณะที่สนใจ

ตารางผนวกที่ 1 กลุ่มผู้ทดสอบสำหรับการวิเคราะห์โอกาส

	ผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์	ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์
ผู้ทดสอบที่ชอบลักษณะที่สนใจ	B	C
ผู้ทดสอบที่ไม่ชอบลักษณะที่สนใจ	A	D
รวม	B + A	C + D



ภาพผนวกที่ 2 กลุ่มผู้ทดสอบสำหรับการวิเคราะห์โอกาส

การวิเคราะห์โอกาส เป็นการพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มเสี่ยงและกลุ่มโอกาสของผู้ทดสอบดังสมการต่อไปนี้

กลุ่มเสี่ยง (Risk; %) = $[B / (A+B)] \times 100$: แสดงถึง สัดส่วนของผู้ทดสอบที่ชอบผลิตภัณฑ์อยู่แล้ว แต่มีโอกาสเปลี่ยนไปไม่ชอบผลิตภัณฑ์ได้ หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่สนใจนั้น

กลุ่มโอกาส (Opportunity; %) = $[D / (C+D)] \times 100$: แสดงถึง สัดส่วนของผู้ทดสอบที่ไม่ชอบผลิตภัณฑ์ แต่มีโอกาสเปลี่ยนมาชอบผลิตภัณฑ์ได้ หากมีการปรับเปลี่ยนลักษณะที่สนใจในระดับที่เหมาะสม

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์แบบพินอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) (วิวัฒน์, 2556ก) หรือ Penalty (Mean drop) analysis คือการนำข้อมูล 2 ส่วนจากผู้ทดสอบ คือ (1) ข้อมูลความเข้มของลักษณะที่สนใจโดยใช้ระดับความพอดี แบบ 3 ระดับ คือ อ่อนหรือน้อยเกินไปพอดีและเข้มหรือมากเกินไป และ (2) ข้อมูลการยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์โดยใช้ระดับชอบ 9 จุด มาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean drop value) และ ค่าพินอลตีทั้งหมด (Total penalty value) และนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่คำนวณได้สามารถแปลผลได้ดังตารางผนวกที่ 2

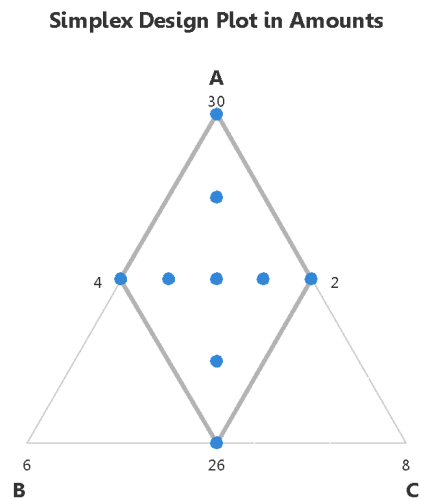
ค่าเฉลี่ยที่ลดลง = (ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับรวมของผู้ทดสอบที่ระบุว่าความเข้มไม่พอดี) (มาก/น้อยเกินไป) – (ค่าเฉลี่ยคะแนนการยอมรับรวมของผู้ทดสอบที่ระบุว่าความเข้มพอดี)

ค่าพินอลตีทั้งหมด = ค่าสัมบูรณ์ของผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยที่ลดลงและสัดส่วนของผู้ที่ระบุว่าความเข้มไม่พอดี (เป็นทศนิยม)

ตารางผนวกที่ 2 ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพินอลตีทั้งหมด

ผลลัพธ์	ความหมาย
ค่าเฉลี่ยที่ลดลง	
0.0 ถึง -0.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก
-1.0 ถึง -1.49	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย
-1.5 ถึง -1.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับรวมปานกลาง
-2.0 ขึ้นไป	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับรวมมาก
ค่าพินอลตีทั้งหมด	
> 0.25	ความเข้มของลักษณะที่สนใจไม่มีผลต่อการยอมรับรวม
> 0.5	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีผลต่อการยอมรับรวมอย่างมาก

ภาคผนวก จ



ภาพผนวกที่ 3 สูตรพื้นฐานในการผลิตซูปก้อนโดยการออกแบบวิธีแบบผสมผสาน (Mixture design) ด้วยวิธีกำหนดปัจจัยแบบจำกัดสัดส่วน (Extreme vertices) 9 สูตร

ตารางผนวกที่ 3 ร้อยละสูตรพื้นฐานในการผลิตซูปก้อนจากผงโปรตีนสกัดจากส่วนหางและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

แบบการทดลอง	น้ำมันปาล์ม (a)	เกลือ (b)	ผงโปรตีน (A)	ผงเซเลอรี่ (B)	น้ำตาล (C)
1	19.0	45.0	26.0	4.0	6.0
2	19.0	45.0	28.0	2.0	6.0
3	19.0	45.0	30.0	2.0	4.0
4	19.0	45.0	28.0	4.0	4.0
5	19.0	45.0	28.0	3.0	5.0
6	19.0	45.0	27.0	3.5	5.5
7	19.0	45.0	28.0	2.5	5.5
8	19.0	45.0	29.0	2.5	4.5
9	19.0	45.0	28.0	3.5	4.5

a, b : สัดส่วนผสมแบบจำกัดสัดส่วน

A, B, C: สัดส่วนผสมแบบกำหนดช่วงสัดส่วน

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส
สำหรับการทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์ซูปก๊อจากก้างและหัวปลานวลจันทร์ทะเล

ผู้ทดสอบ : วันที่ :

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างที่ได้รับอย่างน้อยหนึ่งส่วนสามของปริมาณตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบ
 1 ถึง 9 และกรณบบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

สเกลคะแนนความชอบ 1-9

- | | | |
|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 – ไม่ชอบมากที่สุด | 2 – ไม่ชอบมาก | 3 – ไม่ชอบปานกลาง |
| 4 – ไม่ชอบเล็กน้อย | 5 – บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ | 6 – ชอบเล็กน้อย |
| 7 – ชอบปานกลาง | 8 – ชอบมาก | 9 – ชอบมากที่สุด |

ลักษณะ	รหัสตัวอย่าง								
กลิ่น									
รสชาติ									
ความชอบรวม									

หมายเหตุ.....

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

ภาคผนวก ข

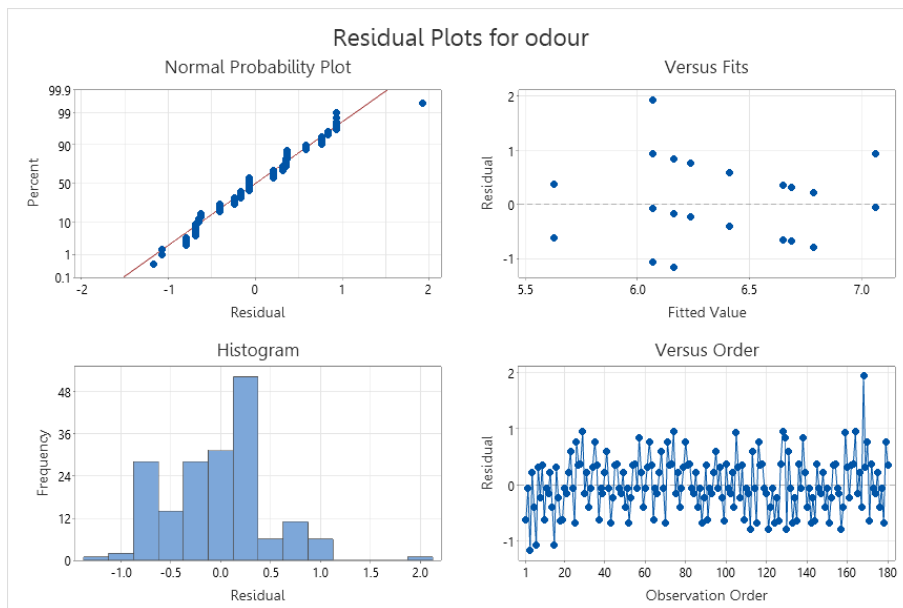
Regression for Mixtures: odour versus A, B, C

Analysis of Variance for odour (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	30.446	30.446	10.1486	41.41	0.000
Linear	2	26.945	11.086	5.5428	22.62	0.000
Quadratic	1	3.501	3.501	3.5007	14.28	0.000
B*C	1	3.501	3.501	3.5007	14.28	0.000
Residual Error	176	43.132	43.132	0.2451		
Lack-of-Fit	5	2.432	2.432	0.4864	2.04	0.075
Pure Error	171	40.700	40.700	0.2380		
Total	179	73.578				

Estimated Regression Coefficients for odour (component amounts)

Term	Coef
A	0.04158
B	1.57129
C	0.71541
B*C	-0.20294



ภาคผนวก ซ

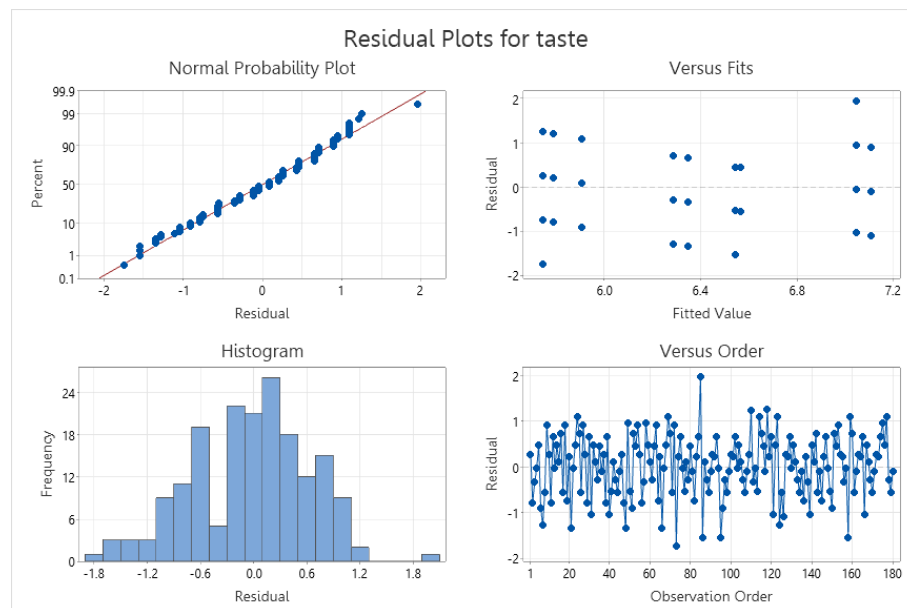
Regression for Mixtures: taste versus A, B, C

Analysis of Variance for taste (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	5	40.414	40.414	8.0829	17.66	0.000
Linear	2	32.800	2.692	1.3458	2.94	0.055
Quadratic	2	5.194	3.997	1.9985	4.37	0.014
A*B	1	0.199	1.913	1.9125	4.18	0.042
B*C	1	4.995	2.198	2.1976	4.80	0.030
Special Cubic	1	2.420	2.420	2.4200	5.29	0.023
A*B*C	1	2.420	2.420	2.4200	5.29	0.023
Residual Error	174	79.647	79.647	0.4577		
Lack-of-Fit	3	3.397	3.397	1.1323	2.54	0.058
Pure Error	171	76.250	76.250	0.4459		
Total	179	120.061				

Estimated Regression Coefficients for taste (component amounts)

Term	Coef
A	0.74402
B	69.90926
C	-2.21843
A*B	-2.62013
B*C	-9.78875
A*B*C	0.36667



ภาคผนวก ฅ

Regression for Mixtures: Overall versus A, B, C

Analysis of Variance for Overall (component proportions)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	7	70.003	70.0028	10.0004	42.24	0.000
Linear	2	55.745	7.6003	3.8001	16.05	0.000
Quadratic	2	2.773	9.7569	4.8785	20.60	0.000
A*B	1	2.710	1.3274	1.3274	5.61	0.019
B*C	1	0.063	2.4735	2.4735	10.45	0.001
Special Quartic	3	11.485	11.4851	3.8284	16.17	0.000
A*A*B*C	1	6.324	3.4576	3.4576	14.60	0.000
A*B*B*C	1	2.989	1.8864	1.8864	7.97	0.005
A*B*C*C	1	2.172	2.1718	2.1718	9.17	0.003
Residual Error	172	40.725	40.7250	0.2368		
Lack-of-Fit	1	0.875	0.8750	0.8750	3.75	0.054
Pure Error	171	39.850	39.8500	0.2330		
Total	179	110.728				

Estimated Regression Coefficients for Overall (component amounts)

Term	Coef
A	-2.63079
B	-804.34329
C	7.49838
A*B	29.56667
B*C	-141.86667
A*A*B*C	0.05658
A*B*B*C	0.40837
A*B*C*C	0.43813

