การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

Development of Milkfish Noodles Product Mixed with Green Caviars

นันธิดา แดงขาว*

สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปะการประกอบอาหาร คณะอุตสาหกรรมบริการ วิทยาลัยดุสิตธานี แขวงหนองบอน เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250

Nantida Dangkhaw*

Department of Culinary Art and Kitchen Management, Faculty of Hospitality Industry, Nongbon, Pravet, Bangkok 10250

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น โดยใช้วัตถุดิบหลักจากโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างตามพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี การทดลองศึกษาสัดส่วนของเนื้อปลานวลจันทร์ผสมเนื้ออกไก่ที่เหมาะสมแบ่งเป็นสัดส่วนเนื้อปลาโดยน้ำหนักร้อยละ 100, 90, 80 และ 70 ศึกษาสัดส่วนของเนื้อปลานิลแทนปริมาณเนื้ออกไก่ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสที่สัดส่วนเนื้อปลานิลโดยน้ำหนักร้อยละ 0, 10, 15 และ 20 จากนั้นศึกษาสัดส่วนในการเสริมสาหร่ายพวงองุ่นแบบผงแห้งร้อยละ 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 ได้สูตรมาตรฐานที่ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความชอบและยอมรับมากที่สุด คือ สัดส่วนปลานวลจันทร์ร้อยละ 70 เนื้ออกไก่ร้อยละ 10 เนื้อปลานิลร้อยละ 20 และปริมาณสาหร่ายร้อยละ 1.5 ตามลำดับ การทดสอบด้านคะแนนความชอบกับผู้บริโภค 30 คน พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบโดยรวมที่ระดับชอบมาก เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ระหว่างการเก็บรักษา (ที่ 5-8 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 20 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์มีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลง ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์เพิ่มขึ้น ไม่พบรา และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจนเน่าเสียภายใน 5 วัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีไขมันต่ำ อุดมไปด้วยโปรตีนคุณภาพสูง ธาตุเหล็ก และวิตามินบีหนึ่ง

คำสำคัญ : ปลานวลจันทร์; สาหร่ายพวงองุ่น; เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา

Abstract

The aim of this study is to develop milkfish noodles mixed with green caviar from Sea Farm Royal Project initiated by HM Queen Sirikit, Phetchaburi province, Thailand. The study of different

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** Nantida.da@dtc.ac.th

proportions of milkfish mixed with chicken breast (100, 90, 80 and 70 %), and the study of the different proportions of tilapia in place of chicken breast (0, 10, 15 and 20 %) were carried out. In addition, the study of the different proportions of green caviar powder (0, 1, 1.5 and 2 %) was also achieved. It was found that most of the expert panelists preferred the formulation with 70 % of milkfish, 10 % of chicken breast and 20 % of tilapia and green caviars as an extra ingredient, was mostly preferred at 1.5 %. Then, 30 general consumers were asked to rate the noodles based on the five sensory traits-color, smell, flavor, texture, taste and overall preference score which were considered highly and acceptable. Thus this formula was used in storage test to monitor physical and chemical changes, and the growth of microorganism at 5-8 °C for 20 days. It was found that the product slightly turned brown. The pH value decreased, whereas the total plate counts and yeast increased. Mold was not detected in the product. The product spoilage accelerated within five days of storage. The results of nutritional analysis revealed that the product was rich in high-quality protein, iron, and vitamin B1, but low in fat.

Keywords: milkfish; green caviar; noodle from fish

1. บทนำ

โครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างตามพระราชดำริในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ จังหวัดเพชรบุรี จัดตั้งเพื่อเป็นแหล่งศึกษา แลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านการประมงแก่เกษตรกร เพื่อนำไปปรับใช้ในการประกอบอาชีพประมง ตลอดจนพัฒนาด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ตลอดจนสร้างงานแก่ชุมชนในพื้นที่ โดยสถานที่แห่งนี้ระยะเริ่มก่อตั้งเพื่อใช้เป็นสถานที่ทำโครงการวิจัยการเลี้ยงอาร์-ทีเมียแห่งแรกของประเทศไทย และในระยะเวลาต่อมาได้มีโครงการต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ การผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ งานวิจัยด้านการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ เป็นต้น [1] ปลานวลจันทร์ (*Chanos chanos* Forskal) และสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) เป็นอีกหนึ่งในโครงการวิจัยและสนับสนุนให้เกษตรกรขยายพันธุ์เพาะเลี้ยง เนื่องจากเป็นวัตถุดิบอาหารจากท้องทะเลที่มีรสชาติดี เปี่ยมด้วยคุณค่าทางโภชนาการและสามารถเพาะเลี้ยงได้ไม่ยาก สามารถสร้างอาชีพสร้างรายได้ตอบแทนอย่างดี โภชนาการของเนื้อปลาคือ โปรตีนคุณภาพสูงที่ย่อยง่ายกว่าเนื้อสัตว์ประเภทอื่น ๆ ซึ่งปลานวลจันทร์มีโปรตีนประมาณร้อยละ 22 มีไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย docosahexaenoic acid หรือ DHA 455.9 มิลลิกรัม/100 กรัม eicosapentae-noic หรือ EPA 120.17 มิลลิกรัม/100 กรัม มีกรดไลโนเลอิค กรดไลโนเลนิค รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง และไนอะซิน [2,3] เช่นเดียวกันสาหร่ายพวงองุ่นก็เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงเพราะมีกรดอะมิโนจำเป็นมากถึงร้อยละ 40 ของกรดอะมิโนรวม ซึ่งใกล้เคียงกับไข่และถั่วเหลือง เป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุโดยมีความโดดเด่น คือ วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินบีหนึ่ง วิตามินบีสอง เบต้า-เคโรทีน แมกนีเซียม ไอโอดีน ฟอสฟอรัส สังกะสี แคลเซียม แมกนีเซียม ซีลีเนียม เหล็ก แมงกานีส และโคบอลท์ อีกทั้งมีกรดไขมันชนิด polyunsaturated-fatty acids (PUFAs) [4] ที่ช่วยลดความดันโลหิต ป้องกันโรคหัวใจล้มเหลว และช่วยต้านโรคมะเร็ง เป็น

ต้น อย่างไรก็ตาม ปลานวลจันทร์และสาหร่ายพวงองุ่นมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายไม่หลากหลายมากนัก เช่น ปลาส้ม ปลาแดดเดียว โดยเฉพาะสาหร่ายพวงองุ่นเนื่องจากผู้บริโภคนิยมรับประทานแบบสด เช่น แทนผักสลัด รับประทานกับน้ำจิ้มรสจัด ใช้ตกแต่งบนจานอาหาร รับประทานกับอาหารทะเล จึงต้องการความสวยงามของช่อสาหร่าย ส่งผลให้มีส่วนที่เกรดต่ำจนเหลือทิ้งมากถึงร้อยละ 50 คือ ขนาดและความยาวของช่อสาหร่ายไม่ได้มาตรฐาน มีรูปร่างไม่สวยงาม แม้ว่าคุณค่าทางโภชนาการเท่ากัน แต่ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ทำให้ขายได้ในราคาต่ำหรือต้องทิ้งไปในที่สุด [1]

เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่นำเนื้อปลามาผสมกับเครื่องปรุงรส ได้แก่ เกลือ และวัตถุเจือปนอาหารอื่น ๆ โดยบดผสมจนละเอียดรวมเป็นเนื้อเดียวกัน อาจผสมส่วนประกอบอื่น เช่น สาหร่าย แครอท ต้นหอม จากนั้นนำมาขึ้นรูป นึ่งหรือลวกให้สุก ตัดเป็นเส้นขนาดต่าง ๆ ตามต้องการ การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาอาศัยสมบัติการเกิดเจลของโปรตีน (gelation) โดยกลไกการเกิดเจลเริ่มจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติเดิมของโปรตีน และมีการจัดเรียงตัวเป็นสายของโปรตีนขึ้นมาใหม่อย่างเป็นระเบียบเกิดเป็นโครงสร้างร่างแห 3 มิติ (three-dimensional network) สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้าง [5] ทำให้โปรตีนไมโอไฟบริล (myofibrillar protein) ในเนื้อปลาที่ประกอบด้วยไมโอซิน (myosin) และแอกทิน (actin) ค่อย ๆ ละลายออกมาแล้วจับตัวกันเป็นแอกโทไมโอซิน (actomyosin) ส่งผลให้เนื้อปลามีความหนืดซึ่งเรียกว่าโซล จากนั้นเมื่อได้รับความร้อนที่เหมาะสมโซลจะเซ็ทเป็นเจล (gel) ที่มีความแข็งแรง (gel strength) และความยืดหยุ่น (elasticity) โดยทั่วไปองค์ประกอบภายในโครงสร้างของเจลโดยประมาณ คือ โปรตีนกล้ามเนื้อร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 80 ไขมันร้อยละ 2 และเถ้า (แร่ธาตุต่าง ๆ) ร้อยละ 3 ส่วนใหญ่ปลาทะเลจะมีโครงสร้างทางเคมีของโปรตีนที่สามารถเกิดเจลได้ดี หรือทำให้เกิดลักษณะเป็นมวลเหนียว ยิ่งมีมวลเหนียวมากผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความนุ่มและเนื้อสัมผัสมีความยืดหยุ่น (elastic) ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค [6] ในการผลิตอาจเกิดปัญหาเรื่องเนื้อสัมผัสไม่ดีหรืออาจมีเนื้อสัมผัสที่ร่วน ได้แก่ การให้เนื้อปลาอยู่ที่อุณหภูมิห้อง (20-30 องศาเซลเซียส) หรืออุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้กล้ามเนื้อปลาเสียสภาพ (อาจเกาะกัน) จึงเสียสมบัติการเรียงตัวเป็นเจล ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้โดยการรองน้ำแข็งให้เย็นระหว่างรอเวลา และการเติมน้ำแข็งระหว่างกระบวนการสับผสม หรือเกิดจากอุณหภูมิในการเซ็ทเจลไม่เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปเนื้อปลาจะสามารถเซ็ทเจลได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส และไม่ควรเซ็ทที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส เพราะเป็นช่วงที่เอนไซม์ที่ยับยั้งการเกิดเจลในปลาทำงานได้ดี [7] อย่างไรก็ตาม การจะได้ผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อปลาบดขึ้นรูปที่มีเนื้อสัมผัสดีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของปลา (มีปริมาณและชนิดของโปรตีนต่างกัน) ความสดของปลา กรรมวิธีการผลิต อุณหภูมิที่เหมาะสมให้โปรตีนเซ็ทตัวเป็นเจล และการควบคุมปริมาณความชื้นและสารเติมแต่ง เป็นต้น นอกจากนี้มีรายงานวิจัยพบว่าโปรตีนซาร์โคพลาส-มิก มีผลช่วยเสริมความแข็งแรงของเจลจากโปรตีน ไมโอไฟบริล [8,9]

งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เนื้อปลานวลจันทร์และสาหร่ายพวงองุ่นที่เหลือทิ้งภายในโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างฯ มาผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาที่เสริมด้วยสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง พร้อมทั้งศึกษาอายุการเก็บรักษา วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน เนื่องจากก๋วยเตี๋ยวเป็นหนึ่งในอาหารยอดนิยมของคนทุกเพศทุกวัย เป็นอาหารที่รู้จักในทุกพื้นที่ อีก

ทั้งกรรมวิธีการผลิต วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไม่ยุ่งยากสามารถจัดหาและผลิตได้ง่ายในระดับชุมชน จึงคาดว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้จะช่วยสร้างรายได้ ช่วยส่งเสริมช่องทางการตลาดกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพ เป็นทาง เลือกในการสร้างอาชีพและสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้เพาะเลี้ยง หรือกลุ่มแม่บ้านที่ค้าขายได้

2. วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ เนื้อปลานวลจันทร์บดและสาหร่ายพวงองุ่นแห้ง (อบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าจะมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 14 แล้วนำไปปั่นละเอียด) จากโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างฯ เนื้อปลานิลบดและเนื้อออกไก่บดจากห้างสรรพสินค้าในจังหวัดเพชรบุรี (เตรียมเนื้อปลาบดโดยนำมาขอดเกล็ด ตัดแต่งหนังออก บดเนื้อปลาโดยรักษาอุณหภูมิในระหว่างการบดไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส) แป้งมัน แป้งสาลีอเนกประสงค์ เกลือ น้ำตาล กระเทียมกลีบเล็ก ผงแอกคอด (sodium tripolyphosphate and potassium polyphosphate) พริกไทยขาวป่น ผงฟู ไข่ขาวของไข่ไก่ น้ำแข็ง ส่วนอุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ AMPUT รุ่น APTP 452 ประเทศไต้หวัน) เครื่องสับผสม (ยี่ห้อ H.L. รุ่น TQ-5 ประเทศจีน) และเทอร์โมมิเตอร์

2.2 วิธีการทดลอง

2.2.1 การหาสัดส่วนของเนื้อปลานวลจันทร์ผสมเนื้อออกไก่ที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยนำสูตรการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาที่ขายทางการค้าเป็นต้นแบบแล้วพัฒนาต่อด้วยการใช้เนื้อปลานวลจันทร์แทนปริมาณเนื้อปลาจากสูตรเดิม จากนั้นปรับปรุงสูตรการผลิตตามความเหมาะสม ได้สูตรที่พัฒนาขึ้นในห้องปฏิบัติการดังตารางที่ 1 จึงใช้เป็นสูตรพื้นฐานการผลิต ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อออกไก่ผสมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัส โดยทดลองปรับสัดส่วนปริมาณปลานวลจันทร์ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 100 (สูตรควบคุม), 90, 80 และ 70 ของปริมาณเนื้อสัตว์ในสูตรพื้นฐาน จากนั้นเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้เชี่ยวชาญ (เชฟผู้มีความรู้และประสบการณ์ด้านอาหารซึ่งเป็นอาจารย์ที่วิทยาลัยดุสิตธานี จำนวน 12 ท่าน) ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยใช้ 9-points hedonic scale ให้คะแนนตามความชอบ ด้านสี กลิ่นรส ความเหนียวนุ่ม ความเด้งกรอบ รสชาติ ปริมาณสาหร่าย และความชอบโดยรวม ร่วมกับการบรรยายลักษณะของผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานการผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา

ส่วนผสม	ร้อยละ
เนื้อปลา	57.47
ไข่ขาว	11.49
แป้งมัน	1.72
แป้งสาลีอเนกประสงค์	1.72
กระเทียมกลีบเล็ก	0.57
เกลือ	1.15
น้ำตาล	1.15
พริกไทยขาวป่น	0.46
ผงฟู	0.23
ผงแอกคอด	0.17
น้ำแข็ง	22.99

วิธีผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยใช้เนื้อปลา

(1) สับผสมเนื้อสัตว์ (อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส) ด้วยเครื่องสับผสมที่เย็นจัด แล้วค่อย ๆ ใส่เกลือ ใส่ผงแอกคอด และน้ำแข็งบางส่วน (2-3 นาที)

(2) ผสมกระเทียมและส่วนผสมของแห้งที่เหลือทั้งหมด (แป้งมัน แป้งสาลีอเนกประสงค์ น้ำตาล พริกไทยขาวป่น ผงฟู) ค่อย ๆ ใส่ไข่ขาวสลับกับน้ำแข็ง สับผสมจนเข้ากันดีและเกิดมวลเหนียว (5-10 นาที)

(3) ใส่สาหร่ายพวงองุ่นผงแห้ง ในขั้นตอนสุดท้าย

(4) ตักใส่พิมพ์ (ขนาด 8×16 ตร.ซม.) พิมพ์ละ 300 กรัม เกลี่ยให้เรียบ และพยายามไม่ให้มีฟองอากาศ

(5) แช่ในน้ำอุ่น (40 องศาเซลเซียส) นาน 40 นาที เพื่อให้เนื้อปลามีเนื้อสัมผัสที่เด้ง จากนั้นต้มในน้ำร้อน (85-90 องศาเซลเซียส) นาน 30 นาที เพื่อให้สุก แล้วทำให้เย็นในอ่างน้ำแข็ง (5-10 นาที) ก่อนสะเด็ดน้ำให้แห้ง

(6) หั่นเป็นเส้นตามขนาดที่ต้องการ (กว้าง 5 มม. ยาว 16 ซม. และหนา 1-2 มม.)

(7) บรรจุใส่ภาชนะ ก่อนเก็บรักษาโดยการแช่เย็น

2.2.2 การหาสัดส่วนของเนื้อปลานิลแทนเนื้อไก่ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส

นำสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด จากข้อ 2.2.1 มาทดลองเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสไก่ให้ลดลง โดยปรับสัดส่วนปริมาณเนื้อปลานิล 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10, 15 และ 20 จากนั้นเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด ด้วยวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยใช้ 9-points hedonic scale และการบรรยายลักษณะของผลิตภัณฑ์

2.2.3 การหาสัดส่วนของสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อเสริมลงในเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา

นำสูตรที่ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด จากข้อ 2.2.2 มาทดลองเสริมสาหร่ายพวงองุ่นผงโดยแปรปริมาณ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.0, 1.5 และ 2.0 (น้ำหนักแห้ง/น้ำหนักเนื้อสัตว์) จากนั้นทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ โดยใช้ 9-points hedonic scale และการบรรยายลักษณะของผลิตภัณฑ์ การให้คะแนนความชอบโดยเครื่องมือ 9-points hedonic scale [1 = ไม่ชอบที่สุด (dislike extremely) จนถึง 9 = ชอบมากที่สุด (like extremely)] แล้วเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับ คือ ได้คะแนนความชอบจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุดเป็นสูตรมาตรฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

2.2.4 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

นำสูตรมาตรฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้จากข้อ 2.2.3 มาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 30 คน ให้คะแนนทันทีหลังจากทดสอบตัวอย่าง โดยใช้แบบประเมินทางประสาทสัมผัสแบบ 9-points hedonic scale ให้คะแนนตามความชอบ ด้านสี (color) กลิ่นรส (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) รสชาติ (teste) ปริมาณสาหร่าย (volume of green caviars) และความชอบโดยรวม (overall)

2.2.5 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

บรรจุเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้จากข้อ 2.2.3 ลงในถุงโพลีเอสทีลีนแบบซิปลอค (ถุงเย็น) เก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส) และสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อวิเคราะห์ทุก ๆ 5 วัน จนครบ 20 วัน โดยวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี (ความเป็นกรด-ด่าง, pH) ด้วย pH meter และค่ากิจกรรมของน้ำในอาหาร (water activity, a_w) ด้วยเครื่องวัด a_w Novasina) และจุลินทรีย์ [10] ด้วยการตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (aerobic plate count) ยีสต์

(yeast) และรา (mold) ตามวิธีของ BAM online (2001)

2.2.6 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

วิเคราะห์ปริมาณสารอาหารจำนวน 15 รายการ ตามกรอบข้อมูลโภชนาการ ได้แก่ พลังงานทั้งหมด (total calories) พลังงานจากไขมัน (calories from fat) คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (total carbohydrates in clued dietary fiber) (by difference) โปรตีน (protein) / total nitrogen ไขมันทั้งหมด (total fat) ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) คอเลสเตอรอล (cholesterol) เส้นใยอาหาร (dietary fiber) น้ำตาลทั้งหมด (total sugar) วิตามิน เอ (vitamin A) วิตามินบีหนึ่ง (vitamin B1) วิตามินบีสอง (vitamin B2) โซเดียม (sodium) แคลเซียม (calcium) และเหล็ก (iron) [11] ใช้ชุดเครื่องมือในการตรวจสอบตามหลักการของ AOAC (2016) เพื่อใช้แสดงเป็นฉลากโภชนาการ

2.6.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) เปรียบเทียบคะแนนความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และโภชนาการของผลิตภัณฑ์ โดยทดลองซ้ำ 2 ครั้ง และใช้ค่าเฉลี่ยในการรายงานผล

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการหาสัดส่วนของเนื้อปลานวลจันทร์ผสมเนื้ออกไก่ที่เหมาะสม

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทดลองปรับสัดส่วนปลานวลจันทร์ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 100 (สูตรควบคุม), 90, 80 และ 70 ของปริมาณเนื้อสัตว์ในสูตรพื้นฐาน และใช้สัดส่วนวัตถุดิบอื่น ๆ เท่ากันทั้ง 4 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 1 เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบ และการบรรยายคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แต่ละสูตร พบว่าการใช้เพียงเนื้อปลานวลจันทร์ (สูตรควบคุม) ในการผลิตเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวทำให้ได้สีค่อนข้างคล้ำ มีกลิ่นคาวปลามากกว่าสูตรอื่น ที่สำคัญคือ มีเนื้อสัมผัสที่ร่วน แต่เมื่อเสริมด้วยเนื้ออกไก่จะช่วยปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณเนื้ออกไก่จะยิ่งเพิ่มเนื้อสัมผัสให้เหนียวเด้งดี อย่างไรก็ตามความเหนียวเด้งของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีเนื้ออกไก่ผสมอยู่มากขึ้นจะทำให้เนื้อสัมผัสแน่นมากขึ้นด้วย อีกทั้งมีกลิ่นรสของเนื้ออกไก่บดบังกลิ่นปลา ซึ่งคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่ารสชาติของสูตรควบคุมไม่แตกต่างจากสูตรที่เสริมเนื้อไก่ ($p > 0.05$) แต่ด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของสูตรที่เสริมเนื้ออกไก่มากกว่า ($p < 0.05$) ซึ่งปริมาณเนื้ออกที่เสริมลงไปในสูตรที่มากขึ้นส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ของสูตรเนื้อปลานวลจันทร์ร้อยละ 80 และ 70 ให้มากกว่าสูตรเนื้อปลานวลจันทร์ร้อยละ 90 และสูตรควบคุม ($p < 0.05$) ผู้วิจัยเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงที่สุด คือ สูตรที่มีเนื้อปลานวลจันทร์ร้อยละ 70 (เนื้ออกไก่บดร้อยละ 30) เป็นส่วนผสม สอดคล้องกับการทดลองของ วัชรี และอรวรรณ [2] ซึ่งรายงานว่าการใช้เพียงปลานวลจันทร์จะให้คุณลักษณะเนื้อสัมผัสที่หยาบร่วนและไม่เด้ง แต่การผสมเนื้อสัตว์อื่นที่มีสมบัติการเกิดเจลดีสามารถปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสเหนียวเด้งขึ้น โดยรายงานว่าเมื่อนำเนื้อปลานวลจันทร์

ผสมกับเนื้อปลาช้างเหยียบในสัดส่วน 70 : 30 โดยน้ำหนัก ผลิตเป็นลูกชิ้นทำให้ได้ผลผลิตที่มีความแข็งแรงของเจลสูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงเนื้อสัมผัสเพิ่มความเหนียวเด้งขึ้นสอดคล้องกับการให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ดีอันเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค [2]

ตารางที่ 2 คะแนนความชอบจากผู้เชี่ยวชาญของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์ผสมเนื้ออกไก่แต่ละสูตร

ลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	สูตรควบคุม	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี	6.42±1.04 [a]	7.17±0.80 [b]	7.42±0.76 [b]	7.42±0.76 [b]
กลิ่นรส	5.83±0.99 [a]	6.92±0.76 [b]	7.33±0.62 [b]	7.17±0.69 [b]
เนื้อสัมผัส	4.25±0.83 [a]	6.75±0.72 [b]	7.50±0.65 [c]	7.58±0.64 [c]
รสชาติ	7.08±0.76 [a]	7.08±0.76 [a]	7.08±0.64 [a]	7.08±0.76 [a]
ความชอบโดยรวม	5.92±0.76 [a]	7.00±0.58 [b]	7.50±0.50 [bc]	7.67±0.47 [c]

[a, b, c] อักษรที่ต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.2 ผลการหาสัดส่วนของเนื้อปลานิลแทนเนื้อไก่ที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นรส

ผลการทดลองที่ 3.1 ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อปลานิลซึ่งให้รสชาติและการเกิดเจลที่ดีสามารถหาได้ง่ายในชุมชนจังหวัดเพชรบุรีเพื่อมาปรับปรุงเนื้อสัมผัสและกลิ่นรสให้ดียิ่งขึ้น โดยทดแทนสัดส่วนของเนื้ออกไก่ในสูตรนั้น จากการทดลองปรับสัดส่วนเนื้อปลานิลทดแทนเนื้ออกไก่ 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 10, 15 และ 20 พบว่าการใช้เนื้อปลานิลซึ่งเป็นปลาเนื้อขาวทดแทนเนื้ออกไก่ในแต่ละสูตรมีส่วนช่วยปรับให้สีของเส้นก๋วยเตี๋ยวมีความขาวมากขึ้นเล็กน้อยและเนื้อสัมผัสของเส้นก๋วยเตี๋ยวใกล้เคียงกันมาก สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ขณะที่การลดปริมาณเนื้ออกไก่แล้วทดแทนด้วยเนื้อปลานิลในสูตรทำให้กลิ่นรสและรสชาติของความเป็นเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาดีขึ้นเมื่อเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งจิรวัฒน์ [8] รายงานว่าปลานิลมีจะกิจกรรมของเอนไซม์ทรานสกลูทามิเนสสูงสามารถเชื่อมโยง (cross-linking) กับโปรตีนมัยโอซินสายหลัก (myosin heavy chain) เกิดเป็นพอลิเมอร์ขนาดใหญ่ซึ่งทำให้เจลมีลักษณะที่ดี [7] นอกจากนี้พบว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิกในปลานิลมีสมบัติในการเหนี่ยวนำการเกิด cross-linking โปรตีนกล้ามเนื้อได้ดี เมื่อโปรตีนเซ็ทเจลจะได้เจลที่แข็งแรงหรือเนื้อสัมผัสเหนียวยิ่งขึ้น [12] สอดคล้องกับผลการวิจัยอีกหลายเรื่องที่ผ่านมาซึ่งพบว่าโปรตีนซาร์โคพลาสมิกจากปลามีสมบัติในการเหนี่ยวนำการเกิด cross-linking และมีผลช่วยเสริมความแข็งแรงของเจลจากโปรตีนไมโอไฟบริล [12-15] จากการทดลองผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความชอบด้านสีและเนื้อสัมผัสแต่ละสูตรไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ให้คะแนนความชอบด้านรสชาติของสูตรที่ใช้เนื้อปลานิลทดแทนเนื้ออกไก่ในแต่ละสูตรมากกว่าสูตรควบคุม ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสกับความชอบโดยรวม อย่างไรก็ตาม ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส กับความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ปริมาณเนื้อปลานิลทดแทนเนื้ออกไก่เพิ่มขึ้นดังแสดงในตารางที่ 3 ผู้วิจัยจึงเลือกสูตรที่ได้คะแนนความชอบสูงที่สุดในสูตรที่ใช้เนื้อปลา

นวลจันทร์บดร้อยละ 70 ผสมกับเนื้อออกไก่บดร้อยละ 10 และเนื้อปลานิลบดร้อยละ 20 มาเป็นสูตรมาตรฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เพื่อเสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่อยู่ในรูปผงแห้งในการทดลองถัดไป

ตารางที่ 3 คะแนนความชอบจากผู้เชี่ยวชาญของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ใช้เนื้อปลานิลทดแทนเนื้อออกไก่แต่ละสูตร

ลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 10	ร้อยละ 15	ร้อยละ 20
สี	7.17±0.80 [a]	7.25±0.72 [a]	7.25±0.72 [a]	7.33±0.75 [a]
กลิ่นรส	7.17±0.69 [a]	7.42±0.49 [ab]	7.67±0.47 [ab]	7.75±0.60 [b]
เนื้อสัมผัส	7.42±0.64 [a]	7.42±0.64 [a]	7.67±0.47 [a]	7.75±0.43 [a]
รสชาติ	7.00±0.71 [a]	7.58±0.49 [b]	7.58±0.49 [b]	7.75±0.43 [b]
ความชอบโดยรวม	7.50±0.50 [a]	7.75±0.43 [ab]	7.75±0.43 [ab]	8.00±0.58 [b]

[a, b] อักษรที่ต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

3.3 ผลการหาสัดส่วนของสาหร่ายพวงองุ่นเพื่อเสริมลงในเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา

ผลการทดลอง 3.2 ผู้วิจัยนำสูตรเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์ (ปลานวลจันทร์บดร้อยละ 70 ผสมกับเนื้อออกไก่บดร้อยละ 10 และเนื้อปลานิลบดร้อยละ 20 และส่วนผสมอื่น ๆ ตามตารางที่ 1) มาทดลองเสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่อยู่ในรูปผงแห้ง โดยแบ่งการทดลอง 4 ระดับ คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม), 1.0, 1.5 และ 2.0 (น้ำหนักแห้ง/น้ำหนักเนื้อสัตว์) พบว่าสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และรสชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแปรผันตามปริมาณของสาหร่ายพวงองุ่นที่เสริมลงไป โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรควบคุมกับสูตรที่เสริมสาหร่ายแต่ละระดับพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณเนื้อสาหร่ายพวงองุ่นจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวค่อย ๆ มีสีเขียวอ่อน เนื้อสัมผัสที่ค่อย ๆ กระด้างขึ้น และรสชาติเข้มข้นขึ้นเล็กน้อยตามลำดับ ในขณะที่กลิ่นของสาหร่ายจะไปบดบังกลิ่นคาวปลา ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนความชอบด้านสีสูตรควบคุมและสูตรเสริมสาหร่ายร้อยละ 1.5 และร้อยละ 2.0 มากกว่าสูตรร้อยละ 1.0 และสูตรควบคุม ($p < 0.05$) เนื่องจากมีปริมาณเนื้อสาหร่ายน้อยและมากเกินไปตามลำดับ ทำให้ไม่น่ารับประทาน คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของสูตรเสริมสาหร่ายร้อยละ 2.0 น้อยที่สุด ($p < 0.05$) ให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ให้คะแนนความชอบโดยรวมสูตรเสริมสาหร่ายร้อยละ 1.5 ไม่ต่างจากสูตรควบคุมและมากกว่าสูตรเสริมสาหร่ายร้อยละ 1.0 และ 2.0 ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และคะแนนด้านความชอบ พบว่าการเสริมสาหร่ายพวงองุ่นแห้งลงไปมีผลต่อสีเนื่องจากสีเขียวของสาหร่ายพวงองุ่นมาบดบังสีเดิมของเส้นปลา การเสริมสาหร่ายพวงองุ่นแห้งทำให้เพิ่มความกระด้างของเนื้อสัมผัสและรสชาติ แต่สามารถช่วยลดกลิ่นคาวของปลาลงได้ อย่างไรก็ตามด้านคะแนนความชอบผู้เชี่ยวชาญระบุว่าการเสริมเนื้อสาหร่ายพวงองุ่นในปริมาณเล็กน้อยไม่ได้ทำให้กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และรสชาติของเส้นก๋วยเตี๋ยวแตกต่างจากสูตรควบคุมมากหากใช้ในปริมาณที่เหมาะสม อีกทั้งยังเป็นการช่วยเสริมรสชาติให้กลมกล่อมขึ้น และช่วยดับกลิ่นคาวปลาได้ ซึ่งจากการทดลองนี้ผู้วิจัยจึงเลือกการ

เสริมปริมาณเนื้อสาหร่ายพวงองุ่นแห้งที่ร้อยละ 1.5 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ได้รับคะแนนความชอบจากผู้เชี่ยวชาญมากที่สุด เป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น (รูปที่ 1)

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบจากผู้เชี่ยวชาญของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

ลักษณะ	คะแนนความชอบ			
	สูตรควบคุม	ร้อยละ 1.0	ร้อยละ 1.5	ร้อยละ 2.0
สี	7.25±0.72 [b]	6.50±0.87 [a]	7.42±0.76 [b]	7.00±0.91 [ab]
กลิ่นรส	7.42±0.49 [a]	7.50±0.50 [a]	7.75±0.60 [a]	7.67±0.47 [a]
เนื้อสัมผัส	7.67±0.47 [b]	7.67±0.47 [b]	7.75±0.43 [b]	7.17±0.69 [a]
รสชาติ	7.67±0.47 [a]	7.75±0.43 [a]	7.75±0.72 [a]	7.25±0.60 [a]
ความชอบโดยรวม	7.83±0.37 [ab]	7.42±0.64 [a]	8.00±0.58 [b]	7.50±0.50 [a]

[a, b] อักษรที่ต่างกันในแถวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ร้อยละ 1.0 ร้อยละ 1.5 ร้อยละ 2.0

รูปที่ 1 เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นร้อยละ 1.0 1.5 และ 2.0

3.4 ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ผลการทดลองที่ 3.3 ผู้วิจัยนำสูตรมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้มาทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยใช้ผู้บริโภคจำนวน 30 คน (9-points hedonic scale) เพื่อให้คะแนนตามความชอบ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนด้านสี 7.5 คะแนน ด้านกลิ่นปลา (ดมกลิ่น) 7.1 คะแนน ด้านกลิ่นรส (การรับรู้กลิ่นขณะเคี้ยวก่อนกลืน) 7.4 คะแนน ด้านเนื้อสัมผัส 7.5 คะแนน ด้านรสชาติ 7.6 คะแนน ด้านปริมาณสาหร่าย 7.6 คะแนน และความชอบโดยรวม 7.7 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งอยู่ในคะแนนความชอบระดับ ชอบมาก

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบ
สี	7.5±0.89
กลิ่นปลา	7.1±1.31
กลิ่นรส	7.4±0.99
เนื้อสัมผัส	7.5±1.23
รสชาติ	7.6±1.11
ปริมาณสาหร่าย	7.6±1.15
ความชอบโดยรวม	7.7±1.01

3.5 ผลการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ สามารถใช้ทำนายอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ ผู้วิจัยนำสูตรมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้ มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และจุลินทรีย์ทุก ๆ 5 วัน จนครบ 20 วัน ได้ผลการทดลองดังนี้

การศึกษาสมบัติทางกายภาพโดยวัดค่าสี (L* a* b*) และสังเกตลักษณะปรากฏระหว่างการเก็บรักษา พบว่าค่าสีเริ่มต้น คือ L*= 67.90, a*= -3.53, b* = 7.81 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นความสว่าง (L*) ของเส้นก๋วยเตี๋ยวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนค่าสีเขียว (ค่า a*) และสีเหลือง (ค่า b*) มีแนวโนมของสีเหลืองเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และเมื่อนำค่าสีมาคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE*) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดขึ้นหลังจากอายุการเก็บรักษานาน 5 วัน และเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา 20 วัน ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่สังเกตได้ คือ ตั้งแต่เก็บรักษาในวันที่ 5 จะเห็นสีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้น และเริ่มเกิดเมือกเล็กน้อยอันเป็นสาเหตุให้เกิดความเงาวาวจึงวัดค่าความสว่างได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้สีที่เข้มอาจเกิดมาจากองค์ประกอบที่ทำให้เนื้อปลานวลจันทร์มีสีอยู่ 2 ชนิด คือ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เป็นรงควัตถุที่อยู่ในเลือด และไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นรงควัตถุที่อยู่ในกล้ามเนื้อ โดยองค์ประกอบที่ทำให้เกิดสีนี้ประกอบไปด้วยโปรตีนโกลบิน (globin) และฮีมริง (heme ring) ที่มีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบภายในโครงสร้างของฮีมริง ดังนั้นเมื่อนำเนื้อปลามาบดจะทำลายโครงสร้างของโปรตีน อนุมูลของธาตุเหล็ก (Fe^{2+}) จึงสามารถสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศได้ แล้วเกิดการออกซิไดซ์ทำให้ธาตุเหล็กอยู่ในรูป Fe^{3+} ซึ่งไม่สามารถจับกับโมเลกุลของสารอื่นได้ โมเลกุลของฮีโมโกลบินจึงอยู่ในรูปเมตไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ส่งผลให้เนื้อมีสีน้ำตาลแดงจนเกือบคล้ำ [16] นอกจากนี้การเก็บรักษานานขึ้น พบว่าเส้นมีเนื้อสัมผัสนิ่มลงสังเกตได้ชัดในวันที่ 10 ของการเก็บรักษา ซึ่งอาจเกิดจากโปรตีนมีการเปลี่ยนสภาพระหว่างขั้นตอนการทำให้สุก โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ของโปรตีนกับโปรตีน (เช่น โปรตีนไมโอซิน) หรือโปรตีนกับน้ำถูกทำลาย จนโปรตีนจะเสียสภาพตามธรรมชาติแบบผันกลับไม่ได้ (irreversible) และเกิดการตกตะกอนของโปรตีน [17] รวมทั้งเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนเพื่อใช้ในกิจกรรมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาที่เก็บไว้มีความนิ่มไม่เหนียวเด้งเหมือนเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาที่ผลิตขึ้นใหม่

ตารางที่ 6 ค่าสีของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

วันที่	ความสว่าง (L*)	สีเขียว (a*)	สีเหลือง (b*)	ความแตกต่างของสีโดยรวม (ΔE*)
0	67.90±2.52	-3.53±0.26	7.81±0.23	-
5	67.80±0.88	-3.70±0.19	7.07±0.83	0.29
10	69.88±3.21	-3.34±0.04	6.32±0.80	2.51
15	70.73±0.21	-3.65±0.02	8.47±0.55	2.72
20	72.66±0.84	-2.43±0.24	7.43±1.02	3.15

$\Delta E^* = [(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}$

การศึกษาสมบัติทางเคมีโดยติดตามค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่ากิจกรรมของน้ำ (water activity, a_w) พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นมีค่า pH เริ่มต้นที่ 6.11 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อย จากนั้นค่า pH จะค่อย ๆ ลดลงทีละน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา 20 วัน แสดงว่าปริมาณกรดค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา ส่วนค่า a_w เริ่มต้นที่ 0.98 แสดงว่าปริมาณน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์เริ่มต้นสูงมากและแทบไม่เปลี่ยนตลอดอายุการเก็บรักษา ดังแสดงในตาราง 7

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

วันที่	pH	Water activity (a_w)
0	6.11±0.01	0.98±0.00
5	6.08±0.00	0.98±0.00
10	6.05±0.01	0.98±0.00
15	5.96±0.01	0.98±0.00
20	5.63±0.01	0.99±0.01

การศึกษาสมบัติทางจุลินทรีย์โดยตรวจหาจำนวนทางจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต (aerobic plate count) ยีสต์และรา พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้นที่ 2.3×10^3 CFU/g ยีสต์เริ่มต้นที่ 2.4×10^3 CFU/g และเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ไม่พบเชื้อราเลยตลอดอายุการเก็บรักษา 20 วัน ดังแสดงในตาราง 8 ซึ่งตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนอาหารสดประเภทลูกชิ้นปลาฮือก้วย [18] (จัดเป็นประเภทเดียวกับเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลา) ที่ควรรับประทานต้องมีจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 CFU/g แสดงว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นเก็บรักษาในตู้เย็น (5-8 องศาเซลเซียส) ไม่ควรเกิน 5 วัน

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่าค่าทางจุลินทรีย์มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี และนำไปสู่การเสื่อมเสียได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนสูง (14.51 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง) มีปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้มากโดยมี a_w = 0.98 และมีค่า pH ที่อยู่ในช่วงอันตรายที่ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดี (pH 6.11) ดังนั้นเมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วจะผลิตกรดออกมามากขึ้น ส่งผลให้ค่า pH จึงลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น รวมทั้งแบคทีเรียและยีสต์บางชนิดจะสร้างสารโพลิเซคคาไรด์ออกมาระหว่างการเจริญเติบโตจึงเกิดเป็นเมือกขึ้น ซึ่งเมือกที่เกิดขึ้นจะสร้างความเงาวาวส่งผลให้ค่า L* ที่บ่งชี้ความสว่างจากค่าสีเพิ่มขึ้น ปริมาณจุลินทรย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและอยู่ในระดับที่เกินมาตรฐานที่ควรบริโภคตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษา โดยเริ่มสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีได้เช่นกัน

ตารางที่ 8 จำนวนจุลินทรีย์ในเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

วันที่	Aerobic plate count (CFU/g)	Yeast (CFU/g)	Mold (CFU/g)
0	2.3×10^3	2.4×10^3	ไม่พบ
5	4.4×10^7	1.3×10^4	ไม่พบ
10	7.2×10^8	1.2×10^8	ไม่พบ
15	2.2×10^8	9.5×10^8	ไม่พบ
20	5.8×10^{10}	4.7×10^{10}	ไม่พบ

3.6 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นที่พัฒนาได้ จำนวน 15 รายการ ดังแสดงในกรอบข้อมูลโภชนาการ พบว่าเส้นก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น 100 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ พลังงานทั้งหมด 96.13 กิโลแคลอรี มีปริมาณไขมันทั้งหมด 11.25 กรัม ซึ่งเป็นไขมันอิ่มตัวน้อยมากเพียง 0.53 กรัม คอเลสเตอรอล 0.53 มิลลิกรัม โซเดียม 503.18 มิลลิกรัม โปรตีน 14.51 กรัม คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 6.71 กรัม ซึ่งเป็นเส้นใยอาหาร 1.24 กรัม และน้ำตาล 0.22 กรัม วิตามินเอ 8.54 ไมโครกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.17 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.07 มิลลิกรัม แคลเซียม 20.91 มิลลิกรัม เหล็ก 1.94 มิลลิกรัม และมีค่าความชื้นร้อยละ 75.70 ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่นเป็นแหล่งของโปรตีนคุณภาพสูง พร้อมทั้งอุดมไปด้วยธาตุเหล็กและวิตามินบีหนึ่งร้อยละ 15 และ 10 ตามลำดับ ของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) ดังแสดงในรูปที่ 2

4. สรุป

ปลานวลจันทร์เป็นปลาที่รสชาติดีแต่มีสมบัติการเกิดเจลค่อนข้างต่ำ หากนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องอาศัยการเกิดเจลอย่างเส้นก๋วยเตี๋ยวจากเนื้อปลาอาจได้เนื้อสัมผัสที่ไม่ดีเท่าที่ควร อย่างไรก็ตามสามารถปรับปรุงโดยการผสมเนื้ออกไก่และเนื้อปลานิลในสัดส่วนที่เหมาะสม ร่วมกับวัตถุดิบที่มีสมบัติช่วยปรับปรุงเจล เช่น ไข่ขาว และฟอสเฟต จากการทดลองนี้ได้สูตรมาตรฐานของเส้นก๋วยเตี๋ยวที่มีสัดส่วนของเนื้อปลานวลจันทร์บดร้อยละ 70 ผสมกับเนื้ออกไก่บดร้อยละ 10 และเนื้อปลานิลบดร้อยละ 20 และสามารถเสริมสาหร่ายพวงองุ่นแห้งได้ถึงร้อยละ 1.5 (ของน้ำหนักเนื้อสัตว์ในส่วนผสม) ซึ่งผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วยคะแนนความชอบระดับชอบมาก อีกทั้งเป็นผลิตภัณฑ์เส้นก๋วยเตี๋ยวที่อุดมไปด้วยโปรตีน ธาตุเหล็กและวิตามินบีหนึ่ง และสามารถเก็บรักษาในตู้เย็น (อุณหภูมิ 5-8 องศาเซลเซียส) ได้ไม่เกิน 5 วัน

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากวิทยาลัยดุสิตธานีประจำปี 2560 และได้รับการอนุเคราะห์วัตถุดิบหลักจากโครงการฟาร์มทะเลตัวอย่างในพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

6. รายการอ้างอิง

[1] ศูนย์วิจัยและทดสอบพันธุ์สัตว์น้ำเพชรบุรี, ประวัติความเป็นมา, แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/rgm-phetchaburi, 30 พฤษภาคม 2559.

[2] วัชรี คงรัตน์ และอรวรรณ คงพันธุ์, การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลานวลจันทร์, กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ กรมประมง, แหล่งที่มา : http://www.fisheries.go.th/industry/files/archives/2558-8.pdf, 28 เมษายน 2559.

[3] มณีวรรณ์ วงศ์นอก, 2555, เมนูอาหารจากปลาคุ้มค่าเพราะกินได้ทั้งตัว, สำนักงานประมงจังหวัดอุบลราชธานี, 16 น.

[4] Ratana-Arporn, P. and Chirapart, A., 2006, Nutrition evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulate*, Kasetsart J. (Nat. Sci.) 40: 75-83.

[5] Smith, D.M., 1991, Factors influencing heat induced gelation of muscle protein, p.

ข้อมูลโภชนาการ			
หนึ่งหน่วยบริโภค : 1/5 ถุง (100 กรัม)			
จำนวนหน่วยบริโภคต่อถุง : 5			
คุณค่าทางโภชนาการต่อหนึ่งหน่วยบริโภค			
พลังงานทั้งหมด 100 กิโลแคลอรี (พลังงานจากไขมัน 10 กิโลแคลอรี)			
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
ไขมันทั้งหมด 1 ก.			2 %
ไขมันอิ่มตัว 0.5 ก.			2 %
คอเลสเตอรอล 25 มก.			8 %
โปรตีน 15 ก.			
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด 7 ก.			2 %
เส้นใยอาหาร 1 ก.			4 %
น้ำตาล 0 ก.			
โซเดียม 500 ก.			21 %
ร้อยละของปริมาณที่แนะนำต่อวัน*			
วิตามินเอ	0 %	**วิตามินบี 1**	10 %
วิตามินบี 2	4 %	**แคลเซียม**	2 %
เหล็ก	15 %		
*ร้อยละของปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปี ขึ้นไป (Thai RDI) โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี			
ความต้องการพลังงานของแต่ละบุคคลแตกต่างกัน ผู้ที่ต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี ควรได้รับสารอาหารต่าง ๆ ดังนี้			
ไขมันทั้งหมด	น้อยกว่า 65 ก.		
ไขมันอิ่มตัว	น้อยกว่า 20 ก.		
คอเลสเตอรอล	น้อยกว่า 300 มก.		
คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	300 ก.		
เส้นใยอาหาร	25 ก.		
โซเดียม	น้อยกว่า 2,400 ก.		
พลังงาน (กิโลแคลอรี) ต่อกรัม : ไขมัน = 9; โปรตีน = 4; คาร์โบไฮเดรต = 4			

รูปที่ 2 กรอบข้อมูลโภชนาการของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวจากปลานวลจันทร์เสริมสาหร่ายพวงองุ่น

243-256, In Paris, N. and Bradford, R. (Eds.), Interactions of Food Proteins, American Chemical Society, Washington, DC.

[6] เสน่ห์ บัวสนิท, สิริวรรณ สุขนิคม และฌนกร หยกสหชาติ, การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่าปลานิลของอำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี, แหล่งที่มา : http://herp- nru.psru.ac.th/file/A54068_12.pdf, 20 เมษายน 2559.

[7] Tachasirinukun, P., Chaijan, M. and Riebroy, S., 2016, Effect of setting conditions on proteolysis and gelling properties of spotted featherback (*Chitala*

ornata) muscle, LWT Food Sci. Technol. 66: 318-323.

[8] จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, 2546, การทำบริสุทธิ์และคุณลักษณะทางชีวเคมีของทรานสกลูทามิเนสจากปลานิล, รายงานการวิจัย, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

[9] จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, กนกอร อินทราพิเชฐ, สุเวทย์ นิงสานนท์ และหนึ่ง เตียอำรุง, 2547, การพัฒนากระบวนการผลิตลูกชิ้นและไส้กรอกจากปลาน้ำจืด, รายงานการวิจัย, ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

[10] BAM, 2001, Bacteriological Analytical Manual, Available Source: https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm063346.htm, 28 December 2016.

[11] AOAC, 2016, Official Methods of Analysis, 20th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.

[12] Worratao, A. and Yongsawatdigul, J., 2003, Cross-linking of actomyosin by crude tilapia (*Oreochromis niloticus*) transglutaminase, J. Food Biochem. 27: 35-51.

[13] Morioka, K. and Shimizu, Y., 1990, Contribution of sarcoplasmic proteins to gel formation of fish meat, Nippon Suisan Gakkaishi 56: 929-933.

[14] Morioka, K. and Shimizu, Y., 1993, Relationship between the heat-gelling property and composition of fish sarcoplasmic proteins, Nippon Suisan Gakkaishi 56: 929-993.

[15] Okazaki, E., Kanna, K. and Suzuki, T., 1986, Effect of sarcoplasmic protein on rheological properties of fish meat gel formed by retort heating, Nippon Suisan Gakkaishi 52: 1821-1827.

[16] Dryden, F.D. and Birdsall, R.A. (Eds.), 1980, Why nitrite does not impart color, Food Technol. 15(2): 29-42.

[17] Bircan, C. and Barringer, S.A., 2009, Heat changes protein structure: Frying an egg, J. Food Sci. 74: 202-205.

[18] มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลูกชิ้นปลาเลขที่ ๓๒๘/๒๕๔๗, 2547, มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนลูกชิ้นปลา, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.