

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑/๒๕๖๓



Technical Paper No. 1/2020

ผลของการใช้คาร์โบไฮเดรตและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพปลาต้มเส้น
Effects of Carbohydrates and Storage Temperatures on the
Quality of Fermented Fish Stick (Pla-Som)

วิศรุต ศิริพรกิตติ

Wissarout Siripornkitti

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

กรมประมง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Fisheries Industrial Technology
Research and Development Division
Department of Fisheries
Ministry of Agriculture and Cooperatives

เอกสารวิชาการฉบับที่ ๑/๒๕๖๓



Technical Paper No. 1/2020

ผลของการใช้คาร์โบไฮเดรตและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพปลาต้มเส้น
Effects of Carbohydrates and Storage Temperatures on the
Quality of Fermented Fish Stick (Pla-Som)

วิศรุต ศิริพรกิตติ

Wissarout Siripornkitti

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

Fisheries Industrial Technology
Research and Development Division

กรมประมง

Department of Fisheries

2563

2020

รหัสทะเบียนวิจัย 58 0803 58103

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | 1 |
| Abstract | 2 |
| คำนำ | 3 |
| วัตถุประสงค์ | 6 |
| วิธีดำเนินการ | |
| 1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ | 6 |
| 2. วิธีดำเนินงาน | 7 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ผล | |
| 1. คุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาส้มเส้น | 9 |
| 2. คุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา | 12 |
| สรุปผลการทดลอง | 24 |
| เอกสารอ้างอิง | 26 |
| ภาคผนวก | 29 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 1 ส่วนผสมปลาสามเส้น | 7 |
| 2 คุณภาพทางเคมีของปลาสามเส้นก่อนและหลังหมัก | 10 |
| 3 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นเมื่อผ่านการหมัก 3 วัน | 11 |
| 4 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นทั้ง 3 สูตร | 11 |
| 5 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PAR) | 13 |
| 6 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PAR) | 13 |
| 7 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAC) | 14 |
| 8 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAC) | 14 |
| 9 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAF) | 15 |
| 10 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAF) | 15 |
| 11 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ | 16 |
| 12 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PBR) | 17 |
| 13 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PBR) | 17 |
| 14 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBC) | 18 |
| 15 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBC) | 18 |
| 16 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBF) | 19 |
| 17 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBF) | 19 |
| 18 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ | 20 |
| 19 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PCR) | 20 |
| 20 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5^{\circ}\text{C}$ (PCR) | 21 |

สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ | | หน้า |
|--------------|---|------|
| 21 | ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCC) | 22 |
| 22 | คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCC) | 22 |
| 23 | ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCF) | 22 |
| 24 | คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCF) | 23 |
| 25 | ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ | 23 |
| ตารางผนวกที่ | | |
| 1 | แสดงผลการทดสอบทางชีวเคมี (biochemical test) ของปลาสามเส้นทั้ง 3 สูตร ที่หมักเป็นเวลา 3 วัน | 29 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 1 | โครงสร้างของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน | 4 |
| 2 | ขั้นตอนการผลิตปลาซึ่มเส้น | 8 |
| 3 | การเปลี่ยนแปลงของปลาซึ่มที่มีข้าวเจ้าเป็นส่วนผสมระหว่างการเก็บรักษา | 13 |
| 4 | การเปลี่ยนแปลงของปลาซึ่มที่มีข้าวเหนียวเป็นส่วนผสมระหว่างการเก็บรักษา | 17 |
| 5 | การเปลี่ยนแปลงของปลาซึ่มที่มีข้าวคั่วเป็นส่วนผสมระหว่างการเก็บรักษา | 21 |

ผลของการใช้คาร์โบไฮเดรตและอุณหภูมิการเก็บรักษาต่อคุณภาพปลาสามเส้น

วิศรุต ศิริพรกิตติ

กองวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้า (PA) ข้าวเหนียว (PB) และข้าวคั่ว (PC) โดยใช้อัตราส่วนเนื้อปลานิลร้อยละ 84.8 เกลือร้อยละ 2.5 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 8.5 และกระเทียมร้อยละ 4.2 พบว่า ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวคั่ว หลังจากหมัก 3 วัน รสชาติเปรี้ยว pH มีค่าอยู่ในช่วง 4.5-4.6 ปริมาณกรดแลคติกมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 2.08-2.33 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีค่าอยู่ในช่วง 2.5×10^7 - 9.7×10^7 โคโลนีต่อกรัม ไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรค เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ (1) อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 องศาเซลเซียส (2) อุณหภูมิแช่เย็น 3 ± 2 องศาเซลเซียส และ (3) อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 องศาเซลเซียส พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาได้ 2 วัน เนื่องจากมีรสชาติเปรี้ยวมาก มีค่า pH เท่ากับ 4.1 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 4.25 และปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็น 8.0×10^8 โคโลนีต่อกรัม ส่วนปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าและข้าวเหนียว เก็บรักษาได้ 4 วัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 28 วัน pH มีค่าอยู่ในช่วง 4.1-4.3 ปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงร้อยละ 2.77-3.00 และปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็น 2.6×10^8 โคโลนีต่อกรัม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง พบว่า ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 180 วัน pH มีค่าอยู่ในช่วง 4.3-4.4 ปริมาณกรดแลคติก อยู่ในช่วงร้อยละ 2.08-2.79 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็น 3.1×10^8 โคโลนีต่อกรัม และไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคในทุกตัวอย่าง

คำสำคัญ: ปลาสามเส้น, ข้าวเจ้า, ข้าวเหนียว, ข้าวคั่ว, การเก็บรักษา

Effects of Carbohydrates and Storage Temperatures on the Quality of Fermented Fish Stick (Pla-Som)

Wissarout Siripornkitti

Fisheries Industrial Technology Research and Development Division

Abstract

The purpose of the study was to investigate the effects of different carbohydrate sources (steamed rice, sticky rice and roasted raw rice) on the quality of fermented fish Stick (Pla-Som). The Products composed of 84.8 % fish meat (Nile Tilapia), 2.5 % salt, 8.5 % carbohydrate and 4.2 % garlic. The results indicated that Pla-Som fermented with steamed rice, sticky rice and roasted raw rice for 3 days. Their pH ranged 4.5-4.6 and lactic acid ranged 2.08-2.33 %. Lactic acid bacteria (LAB) were 10^7 cfu/g whereas pathogenic bacteria had not been found. The products were packed in plastic bag (PET/LLDPE) and heat sealed. It had been stored at room temperature (35 ± 5 °C), chilled temperature (3 ± 2 °C) and freezing temperature (-18 ± 2 °C). At room temperature, Pla-Som with roasted raw rice was accepted by panelists for 2 days because of too much sour (pH was 4.1, lactic acid was 4.25 % and numbers of LAB increase to 8×10^8 cfu/g) while, Pla-Som with steamed rice and sticky rice were accepted for 4 days. At chilled temperature, all the samples were accepted for 28 days. Their pH ranged 4.1-4.3, lactic acid were 2.77-3.00 % and numbers of LAB increased to 2.6×10^8 cfu/g. At freeze temperature, all the samples were accepted for 180 days. In addition, their pH ranged 4.3-4.4, lactic acid were 2.08-2.79 % and numbers of LAB increased to 3.1×10^8 cfu/g. Pathogenic bacteria had not been detected in all the samples.

Keywords: Pla-Som, steam rice, sticky rice, roasted raw rice, storage

คำนำ

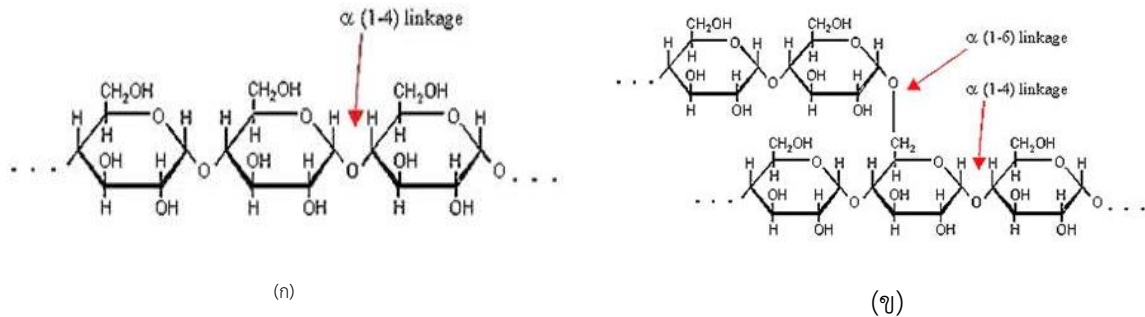
ปลาสด เป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำพื้นบ้านที่มีรสเปรี้ยว ได้จากปลาที่ผ่านการหมักด้วยเกลือ ชาวเจ้าหรือชาวเหนียวหนึ่ง อาจเติมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น กระเทียม พริกไทย หมักจนมีรสเปรี้ยว นิยมรับประทานกันทั่วทั้งประเทศ ผลิตภัณฑ์ปลาสดโดยทั่วไป แบ่งเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ปลาสดตัว เป็นปลาสดที่ทำจากปลาทั้งตัว เอาเครื่องในออก อาจมีหัวหรือตัดหัวออก ปลาสดชิ้น เป็นปลาสดที่ทำจากปลาแล่เป็นชิ้น และปลาสดเส้น เป็นปลาสดที่ทำจากเนื้อปลาล้วนชิ้นเป็นเส้น โดยคุณสมบัติของปลาสดต้องมีลักษณะภายนอกอยู่ในสภาพเรียบร้อย สะอาด อาจมีน้ำซึมได้เล็กน้อย ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องเป็นปลาชนิดเดียวกัน ยังคงสภาพเป็นตัว ชิ้น หรือเส้น เนื้อแน่น ไม่ยุ่ย สีต้องเป็นไปตามธรรมชาติของปลาสด ไม่มีกลิ่นอื่น ๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นรสต้องเป็นไปตามธรรมชาติของปลาสด ไม่มีรสชาติอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น รสเปรี้ยวบูด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปลาสดเมื่อถึงวันที่บริโภคต้องมีค่า ≤ 4.6 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องปลาสด เลขที่ 26/2557 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) โดยอาหารที่มี $\text{pH} \leq 4.6$ ความเป็นกรดเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารพวกคาร์โบไฮเดรตในอาหาร โดยมีจุลินทรีย์เป็นตัวการทำให้เกิดปฏิกิริยา จัดอาหารจำพวกนี้เป็นอาหารที่เป็นกรด (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2556) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญและการยับยั้งจุลินทรีย์ โดยทั่วไปจุลินทรีย์เจริญได้ดีในอาหารที่มี pH ในช่วง 5.5-7.0 ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ทนต่อกรด แต่จุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรียผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid Bacteria) เจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด (วชิระ และจันทิมา, 2544)

ปลา เป็นสัตว์น้ำที่มีโปรตีนสูง ราคาถูก และเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปลาสด ใช้ได้ทั้งปลาตะเพียน ปลาจีน ปลาหีบ ปลาหมึก ปลานิล ปลายี่สก ปลาสร้อย ฯลฯ (กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2558) ปลาโดยทั่วไปประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 15-24 ไขมันร้อยละ 0.2-22 ความชื้นร้อยละ 70-80 คาร์โบไฮเดรตน้อยกว่าร้อยละ 0.5 รวมถึงวิตามินรวมและแร่ธาตุต่าง ๆ (สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2545) และเมื่อแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกและแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ทำให้เกิดกระบวนการหมัก เกิดการย่อยโมเลกุลของโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเป็นโมเลกุลของเปปไทด์อิสระที่มีสายยาว ซึ่งประกอบด้วยจำนวนกรดอะมิโนระหว่าง 2-20 ชนิด ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ (สิรินดา และคณะ, 2548)

ปลานิล (Nile Tilapia) เป็นปลาน้ำจืดที่เลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว สามารถเลี้ยงได้ทั้งแบบบ่อดิน บ่อพลาสติก บ่อซีเมนต์ กระชัง และแบบธรรมชาติ จึงเป็นสัตว์น้ำที่นิยมเลี้ยงเป็นอันดับหนึ่งของประเทศและมีผลผลิตเป็นอันดับ 5 ของโลก (พิเชต, 2559) ดังนั้น ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจอันดับต้น ๆ ของประเทศไทย โดยในปี 2563 คาดว่าผลผลิตสูงถึง 200,766 ตัน และมีราคาขายที่หน้าฟาร์มอยู่ในช่วง 26.28-43.86 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนราคาขายส่งอยู่ในช่วง 22.29-60.00 บาทต่อกิโลกรัม มีปริมาณการส่งออกในช่วงต้นปี 2563 จำนวน 2,398.2 ตัน โดยปลานิลทั้งตัวแช่เยือกแข็งมีปริมาณการส่งออกมากที่สุด (เกวลิน, 2563) นอกจากนี้ปลานิลเป็นปลาที่มีรสชาติดี สามารถนำมาปรุงอาหารได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นทอด นึ่ง เผา หรือนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ใส่อั่วปลา เชียงปลา ปลาร้า ปลานิลแดดเดียว ปลาหวาน และปลาสด

ข้าวเจ้าและข้าวเหนียวมีองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิด คือ อะไมโลส (Amylose) และอะไมโลเพคติน (Amylopectin) อะไมโลสจัดเป็นโพลิเมอร์สายตรงของน้ำตาลกลูโคส เรียงต่อกันเป็นสายยาวไม่มีกิ่งก้านสาขา โดยทั่วไปจะประกอบด้วยกลูโคสจำนวน 200-2,000 หน่วย เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกแบบแอลฟา ระหว่างแอนเมอริกคาร์บอนตำแหน่งที่ 1 ของหน่วยกลูโคสกับหมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของหน่วยกลูโคสที่อยู่ถัดไป (ภาพที่ 1 ก) ส่วนอะไมโลเพคตินประกอบด้วยกลูโคสมากกว่า 10,000 หน่วย เรียงต่อกันเป็นสายยาว มีกิ่งก้านสาขาแยกออกไปเฉลี่ยทุก ๆ 20-30 หน่วยของกลูโคส พันธะไกลโคซิดิกในโครงสร้าง

ของอะไมโลเพกตินเป็นชนิดแอลฟาเช่นเดียวกับอะไมโลส โดยที่พันธะไกลโคซิดิกของโครงสร้างหลักเชื่อมระหว่างแอนโนเมอริกคาร์บอนของกลูโคสตัวหนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของกลูโคสตัวถัดไป แต่ตรงตำแหน่งที่เป็นจุดแตกแขนงพันธะไกลโคซิดิกจะเชื่อมระหว่างแอนโนเมอริกคาร์บอนของกลูโคสตัวหนึ่งกับหมู่ไฮดรอกซิลของคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 ของกลูโคสอีกตัว (ภาพที่ 1ข) ข้าวเจ้ามีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะไมโลส ส่วนข้าวเหนียวจะประกอบด้วยอะไมโลเพกติน (กล้านรงค์ และเกี๋ยกุล, 2546) ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าในข้าวเหนียวจะมีปริมาณของกลูโคสมากกว่าในข้าวเจ้า ซึ่งความแตกต่างของปริมาณกลูโคสที่พบนั้น ส่งผลต่อปริมาณกรดแลคติกและแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก โดยพบว่า น้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล สามารถผลิตกรดแลคติกได้ร้อยละ 50 ที่เหลือจะเป็นเอทานอลและคาร์บอนไดออกไซด์ (สรินดา และคณะ, 2548)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของ (ก) อะไมโลส และ (ข) อะไมโลเพกติน

ที่มา: กล้านรงค์ และเกี๋ยกุล (2546)

ข้าวคั่ว ได้จากการนำข้าวสารเจ้าหรือข้าวสารเหนียวที่แห้งและอยู่ในสภาพดี นำไปล้างให้สะอาด สะเด็ดน้ำ และนำไปคั่วจนสุกรอบ ลักษณะโดยทั่วไปอาจเป็นผงละเอียดหรือหยาบ แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน สีต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของข้าวคั่ว อาจมีสีคล้ำได้บ้างแต่ต้องไม่ไหม้เกรียม กลิ่นรสต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของข้าวคั่ว ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืนหรือรสขม ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ และต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องข้าวคั่ว เลขที่ 1381/2550 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) และเมื่อให้ความร้อนข้าวดิบจนเกิดเป็นข้าวคั่วจะทำให้ได้กลิ่นรสเฉพาะตัว ในรายงานของ พูลทรัพย์ และคณะ (2542) กล่าวว่า จุลินทรีย์สามารถสร้างกรดอินทรีย์จากข้าวคั่วได้ เช่น กรดแลคติก และสารอื่น ๆ ซึ่งกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นสามารถตกกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการย่อยสลายของโปรตีน นอกจากนี้ ข้าวคั่วยังมีคุณสมบัติทนต่อการย่อยของเอนไซม์ เนื่องจากเม็ดข้าวมีแป้งเป็นองค์ประกอบสำคัญหรือเรียกว่าแป้งข้าว เมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนในสภาวะที่มีความชื้นต่ำจะเกิดกระบวนการ Heat-Moisture Treatment (HMT) ทำให้เกิดแป้งที่ทนต่อการย่อยด้วยเอนไซม์ นอกจากนี้ กล้านรงค์ และเกี๋ยกุล (2546) กล่าวว่า HMT เป็นการทำให้แป้งที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 20-45 สุกด้วยความร้อนในช่วง 90-120 องศาเซลเซียส (°C) มีผลทำให้แป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเม็ดข้าวเกิดการจัดเรียงโครงสร้างภายในสามารถทนต่อการย่อยเอนไซม์ และยังช่วยลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน อีกทั้งยังช่วยให้ปริมาณจุลินทรีย์ในเม็ดข้าวลดลง จากการศึกษาของลัดดาวัลล์ (2550) พบว่า ข้าวเจ้าดิบที่ผ่านกระบวนการ HMT มีการถูกย่อยด้วยเอนไซม์เอลฟาอะไมเลสน้อยกว่าข้าวเจ้าดิบที่ไม่ผ่านกระบวนการ HMT เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างที่รวมตัวกันแน่นขึ้น

รสชาติของปลาซึ่มที่มีความเปรี้ยว เกิดจากการทำงานของกลุ่มแบคทีเรีย ซึ่งใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานและผลิตกรดแลคติก มี 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentatives) และกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (Heterofermentatives) โดยกลุ่มแรกสามารถหมักหรือย่อยสลายน้ำตาล

กลูโคสหรือน้ำตาลที่มีคาร์บอน 6 อะตอม ได้ผลิตภัณท์สุดท้ายเป็นกรดแลคติกมากกว่าร้อยละ 80 สำหรับแบคทีเรียในกลุ่มที่สองจะหมักน้ำตาลดังกล่าวได้เป็นกรดแลคติกประมาณร้อยละ 50 ที่เหลือเป็นสารอื่น ๆ เช่น แอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก (Wood and Holzapfel, 1995) และจากการศึกษาของนาถสุตา (2522) พบว่า แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่มีส่วนสำคัญในกระบวนการหมักปลาสด ได้แก่ *Pediococcus* spp. จัดอยู่ในกลุ่มของโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ พบมากในการหมักและสร้างกรดในช่วง 1-2 วันแรกและชอบความเค็มจึงสามารถเจริญได้ดีในอาหารหมักที่มีเกลือสูง เช่น น้ำปลา และกะปิ ส่วนแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่พบรองลงมาคือ *Lactobacillus plantarum* และ *Lactobacillus brevis* มีบทบาทสำคัญในการสร้างกรดหลังจากผ่านการหมักไปแล้ว 2-3 วัน โดย *L. Plantarum* จัดอยู่ในกลุ่มของโฮโมเฟอร์เมนเททีฟชอบความเค็ม ส่วน *L. brevis* จัดอยู่ในกลุ่มของเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟเจริญได้ไม่ดีในอาหารหมักที่มีเกลือสูงโดยพบว่าแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกทั้ง 3 สายพันธุ์ มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (Probiotics) สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ จึงเป็นแบคทีเรียกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Monika et al., 2017) นอกจากนี้ หลังจากกระบวนการหมักมีการเพิ่มขึ้นของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย เช่น แอลจินีน กรดกลูตามิก และอะลานีน และยังมีการศึกษาของ Kongkiattikajorn (2015) พบว่า แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกบางสายพันธุ์สามารถย่อยสลายคาตาเวอรีน (Cadaverine) ซึ่งเป็นสารไบโอจีนิกเอมีนที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในผู้บริโภคสัตว์น้ำหรือผลิตภัณท์ที่มีสัตว์น้ำเป็นส่วนประกอบได้ และนอกจากกลุ่มแบคทีเรียที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในกระบวนการหมักยังสามารถพบแบคทีเรียกลุ่มอื่นได้อีก เช่น *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp. และ *Bacillus* spp. ซึ่งพบว่ามียบทบาทสำคัญในการย่อยสลายโปรตีนจากเนื้อปลา (มัทนา, 2545)

โดยทั่วไปผลิตภัณท์ปลาสดสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ประมาณ 7-10 วัน เมื่ออายุการเก็บนานขึ้น ทำให้ผลิตภัณท์มีรสชาติเปรี้ยวมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาของ คณิต และคณะ (2549) ที่ศึกษาวิธีการเก็บรักษาผลิตภัณท์ปลาสด โดยใช้ข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้สามารถคงคุณลักษณะและคุณภาพของผลิตภัณท์ปลาสดได้นาน พบว่า ที่อุณหภูมิห้องสามารถเก็บรักษาผลิตภัณท์ปลาสดได้นาน 7 วัน และที่อุณหภูมิ 4 °C สามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน ซึ่งในการทดลองดังกล่าวใช้ผลิตภัณท์ปลาสดตั้งต้นที่มีค่า pH สูงกว่า 6.0 นอกจากนี้ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพและจุลินทรีย์ของปลาสดจากปลาในระหว่างการหมักของ วิชชุลภา (2551) โดยใช้คาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน คือ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลปี๊บ และปริมาณเกลือที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 3, 5 และ 7 ในการหมักปลาสดปลาเป็นระยะเวลา 9 วัน ผลการตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา พบเชื้อ *Escherichia coli* และ Fecal coliform ในระหว่าง 3 วันแรก และไม่พบในวันที่ 4 ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นของค่า pH โดยข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้ค่า pH สูงสุดตลอดอายุการเก็บรักษา และจากการดำเนินงานในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาสดจากปลาสดต้องการพัฒนาผลิตภัณท์ให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และสามารถคาดคะเนอายุการเก็บรักษาได้ ช่วยบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขัน

เนื่องจากในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทย นิยมใช้ข้าวที่แตกต่างกัน เช่น ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นิยมใช้ข้าวเหนียวนึ่งสุกหรือข้าวเจ้านึ่งสุก ภาคใต้นิยมใช้ข้าวคั่ว ซึ่งทั้งชนิดและปริมาณของข้าวส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณท์ทั้งกลิ่น รสชาติ และปริมาณการเกิดแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาผลของการใช้ของคาร์โบไฮเดรตชนิดต่าง ๆ ต่อคุณภาพปลาสดเส้น และผลของอุณหภูมิที่มีต่ออายุการเก็บรักษาปลาสดเส้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้คาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวคั่ว ที่มีต่อคุณภาพของปลาสามเส้น
2. เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาปลาสามเส้น

วิธีดำเนินการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1.1 วัสดุ

- 1.1.1 ปลานิล ขนาด 1-2 ตัวต่อกิโลกรัม จากมานิตย์ฟาร์ม จังหวัดเพชรบุรี
- 1.1.2 ข้าวเจ้าหอมมะลิหุงเป็นข้าวสุก
- 1.1.3 ข้าวเหนียว กข. 6 หุงเป็นข้าวเหนียวสุก นำไปล้างน้ำสะอาดเอายางข้าวเหนียวออก
- 1.1.4 ข้าวคั่ว (ข้าวเจ้าหอมมะลิคั่วจนหอม ด้วยไฟปานกลางประมาณ 20 นาที)
- 1.1.5 กระเทียมไทย กลีบเล็กแกะเปลือก
- 1.1.6 เกลือสมุทรป่น

1.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

- 1.2.1 วัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ มีด เขียง เครื่องปิดผนึกสุญญากาศแบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ TURBO VAC รุ่น KVP-420T ภาตสแตนเลส กะละมังสแตนเลส
- 1.2.2 ถุงลามิเนตประกอบด้วยพลาสติกชนิด Polyethyleneterephthalate/Linear Low Density Polyethylene (PET/LLDPE) โดยฟิล์มชั้นในเป็น LLDPE ฟิล์มชั้นนอกเป็น PET ป้องกันความชื้น กลิ่น และรอยขีดข่วนได้ ขนาด 18.5x18.5 เซนติเมตร
- 1.2.3 ภาตรองพลาสติก ขนาด 12.0x12.0x2.3 เซนติเมตร
- 1.2.4 เครื่องปิดผนึกแบบตั้งโต๊ะ ยี่ห้อ TURBO VAC รุ่น KVP 420 T
- 1.2.5 เครื่องย่อยและกลั่นเพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ยี่ห้อ Tecator รุ่น 2002
- 1.2.6 เครื่องสกัดไขมัน ยี่ห้อ Tecator Soxtec รุ่น System HT 6
- 1.2.7 เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ ยี่ห้อ Tecator Fibertec รุ่น System M
- 1.2.8 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) ยี่ห้อ Radiometer รุ่น PHM 210
- 1.2.9 ตู้อบ (Hot air oven) ยี่ห้อ Termaks รุ่น TS 826
- 1.2.10 เครื่องปั่นผสม (Homogenizer) ยี่ห้อ Ystral รุ่น X10/25
- 1.2.11 เตาเผาถ่าน ยี่ห้อ Carbolite รุ่น CWF 11/13
- 1.2.12 เครื่องตีผสม ยี่ห้อ AES Chemunex รุ่น Smasher
- 1.2.13 เครื่องชั่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น CP 3202S
- 1.2.14 ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNE 200-800
- 1.2.15 ตู้แช่เย็นเก็บผลิตภัณฑ์ ($3\pm 2^{\circ}\text{C}$)
- 1.2.16 ตู้แช่เยือกแข็งอุณหภูมิต่ำ ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ และ -40°C)

1.3 สารเคมี และอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 1.3.1 สารเคมี ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โบแทสเซียมไฮดรอกไซด์ กรดไฮโดรคลอริก กรดอะเซติก กรดบอริก กรดไทโอบาร์บิทรिक กรดไตรคลอโรอะเซติก กรดเปอร์คลอริก คลอโรฟอร์ม เมทานอล

โปแตสเซียมไอโอไดด์ โปแตสเซียมคาร์บอเนต โปแตสเซียมซัลเฟต โซเดียมไทโอซัลเฟต โซเดียมซัลเฟต โซเดียมซิติเรท โซเดียมคลอไรด์ โซเดียมคาร์บอเนต เอทานอล เอ็กเซน ฟีนอล์ฟทาลีน

1.3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ Plate Count Agar, Peptone, Tetrathionate Broth Base, Selenite Cystine Broth, Modified Semi-solid Rappaport Vassiliadis, Brilliant Green Agar, Bismuth Sulphite Agar, X.L.D Medium, Nutrient Agar, Triple Sugar Iron Agar, MIL Medium, Lauryl Tryptose Broth, E. C. Broth, Eosin Methylene Blue Agar, Tryptone, MR-VP Medium, Simmons Citrate Agar, Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar, Tetracycline Capsule 500 mg, Potato Dextrose Agar, Thioglycollate Medium, Perfringens Agar Base, Beef Extract, Agar, Gelatin, Nutrient Broth, Baird-Parker Agar Base, Supplement Potassium Tellurite, Tryptic Soya Broth, MRS Agar.

2. วิธีการดำเนินงาน

2.1 ผลิตปลาสำเส้น

ผลิตปลาสำเส้น ตามวิธีของกองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ (2558) โดยแปรชนิดของคาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด ที่ใช้เป็นส่วนผสม ได้แก่ ข้าวเจ้า (PA) ข้าวเหนียว (PB) และข้าวคั่ว (PC) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2) โดยนำปลานิลแบบมีชีวิตน็อคด้วยน้ำแข็ง ขอดเกล็ด ตัดหัว ควักไส้ ล้างทำความสะอาด แล่เป็นชิ้น ตัดแต่งเป็นเส้นขนาดยาว 10-12 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร คลุกเคล้ากับเกลือ หมักไว้ 30 นาที แล้วนำมาคลุกเคล้ากับกระเทียมและคาร์โบไฮเดรตที่ใช้ บรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทโดยไม่ให้มีอากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 วัน นำมาตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังหมัก 3 วัน ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ความชื้น และกรดแลคติก ตามวิธีของ AOAC (1990) วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter และเกลือ ตามวิธีของ FAO (1981)

2) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ โดยประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ Hedonic scale ใน 5 คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อ คะแนน 1-9 คะแนน โดยใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 8 คน ทดสอบผลิตภัณฑ์แบบสุก โดยวิธีการนี้ ตัวอย่างบนน้ำเดือดนาน 15 นาที ตามแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ปลาสำเส้น (ภาคผนวก ก)

3) ตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา ได้แก่ *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* และยีสต์และรา ตามวิธีของ FAO (1995) ปริมาณแบคทีเรียผลิตภัณฑ์กรดแลคติก ตามวิธีของ ISO 15214 (1998) คัดเลือกไอโซเลทของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์กรดแลคติกจากปลาสำที่หมักนาน 3 วัน สุ่มละ 90 ไอโซเลท มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและทดสอบปฏิกิริยาชีวเคมี (Biochemical test) ดัดแปลงจากวิธีของ นาถสุดา (2522)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมปลาสำเส้น

| ส่วนผสม | ปริมาณ (กรัม) | อัตราส่วน (ร้อยละ) |
|---|---------------|--------------------|
| ปลาสดหั่นเส้น ขนาด 10-12 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร | 1,000 | 84.8 |
| คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ (ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว หรือข้าวคั่ว) | 100 | 8.5 |
| กระเทียมตำพอแหลก | 50 | 4.2 |
| เกลือ | 30 | 2.5 |

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ (2558)



1. ขอดเกล็ด ตัดหัว ควกัไส้ และล้างทำความสะอาด ตัดแต่งเป็นเส้นยาว 10 - 12 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร จำนวน 1 กิโลกรัม



2. เตรียมส่วนผสม ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต (ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว หรือข้าวคั่ว) 100 กรัม เกลือ 30 กรัม กระเทียมบด 50 กรัม



3. เคล้าปลากับเกลือและหมักไว้ 30 นาที แล้วนำคาร์โบไฮเดรตแต่ละชนิดกับกระเทียมมาเคล้าผสมให้เข้ากัน



4. บรรจุใส่ถุงพลาสติก ใส่อากาศออกจากถุง มัดปากถุงให้แน่นและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 3 วัน จนมี pH ประมาณ 4.6



5. บรรจุลงในถาด ๆ ละ 200 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติกชนิด PET/LLDPE ปิดผนึกปากถุงด้วยความร้อน และนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตปลาส้มเส้น

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาปลาสด

นำปลาสดที่ใช้คาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด (ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวคั่ว) และผ่านการหมักเป็นเวลา 3 วัน วางเรียงลงบนถาดพลาสติก ถาดละ 200 กรัม แล้วบรรจุใส่ถุงชนิด PET/LLDPE ปิดผนึกถุง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ระดับ ดังนี้

1) อุณหภูมิห้อง (35 ± 5 °C) สุ่มตัวอย่างทุก 2 วัน เป็นเวลา 6 วัน

2) อุณหภูมิแช่เย็น (3 ± 2 °C) สุ่มตัวอย่างทุก 14 วัน เป็นเวลา 42 วัน

3) อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18 ± 2 °C) โดยนำปลาสดไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -40 °C นาน 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °C สุ่มตัวอย่างทุก 30 วัน เป็นเวลา 180 วัน

ตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter วิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณกรดแลคติก ตามวิธีของ AOAC (1990) และปริมาณเกลือ ตามวิธีของ FAO (1981) ตรวจวิเคราะห์จุลชีววิทยาและคุณภาพทางกายภาพ ตามข้อ 2.1 โดยตัวอย่างแช่เยือกแข็ง ให้นำมาวางที่อุณหภูมิแช่เย็น (3 ± 2 °C) ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อละลายน้ำแข็ง ก่อนนำไปตรวจวิเคราะห์

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทดลอง 2 ซ้ำ ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยวิธี ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. คุณภาพวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ปลาสด

วัตถุดิบปลาสดที่ตัดแต่งเป็นเส้นนำมาหมักเป็นปลาสด โดยใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนผสม 3 ชนิด คือ (1) ข้าวเจ้า (สูตร PA) (2) ข้าวเหนียว (สูตร PB) และ (3) ข้าวคั่ว (สูตร PC) นำมาคลุกเคล้าเข้าด้วยกัน ก่อนการหมัก ปลาสดทั้ง 3 สูตร มีโปรตีนร้อยละ 18.72 ± 0.06 , 18.88 ± 0.07 , 18.94 ± 0.25 ไขมันร้อยละ 2.05 ± 0.03 , 2.10 ± 0.14 , 2.19 ± 0.02 เกลือร้อยละ 0.12 ± 0.01 , 0.14 ± 0.05 , 0.18 ± 0.07 เถ้าร้อยละ 1.43 ± 0.08 , 1.39 ± 0.02 , 1.42 ± 0.07 ความชื้นร้อยละ 78.72 ± 0.09 , 78.84 ± 0.41 , 78.94 ± 0.56 ค่า pH เท่ากับ 6.2 ± 0.00 , 6.1 ± 0.01 และ 6.1 ± 0.00 และปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 0.72 ± 0.01 , 0.77 ± 0.02 และ 0.84 ± 0.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ผลวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา พบปริมาณแบคทีเรียผลิตภัณฑ์กรดแลคติก 5.0×10^6 , 2.3×10^6 และ 1.0×10^6 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp., *S. aureus*, *C. perfringens*, *E. coli* และตรวจพบ ยีสต์และรา น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม เมื่อผ่านการหมักนาน 3 วัน ปลาสดมีการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ ดังนี้

1.1 คุณภาพทางเคมี พบว่า สูตร PA มี pH เท่ากับ 4.5 ± 0.00 ปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 2.09 ± 0.04 มีโปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และความชื้นร้อยละ 17.69 ± 0.06 , 3.32 ± 0.03 , 2.62 ± 0.00 , 3.28 ± 0.01 และ 72.24 ± 0.09 ตามลำดับ สูตร PB มี pH เท่ากับ 4.5 ± 0.04 ปริมาณกรดแลคติกร้อยละ 2.14 ± 0.02 ตามลำดับ มีโปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และความชื้นร้อยละ 17.61 ± 0.07 , 3.27 ± 0.14 , 2.70 ± 0.05 , 3.24 ± 0.08 และ 73.07 ± 0.39 ตามลำดับ และสูตร PC มี pH เท่ากับ 4.6 ± 0.0 และปริมาณกรดแลคติก ร้อยละ 2.08 ± 0.00 มีโปรตีน ไขมัน เกลือ เถ้า และความชื้นร้อยละ 19.77 ± 0.25 , 3.66 ± 0.02 , 3.59 ± 0.07 , 3.82 ± 0.07 และ 66.47 ± 0.09 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ค่า pH ของการหมักปลาสดทั้ง 3 สูตร มีค่าอยู่ในช่วง $4.5 \pm 0.0 - 4.6 \pm 0.0$ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องปลาสด เลขที่ 26/2557 ที่กำหนดให้มีค่า $pH \leq 4.6$ ในวันที่บริโภค สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สิริจินดา และคณะ (2548) พบว่า การเปลี่ยนแปลงในระยะ 3 วันแรกของการ

หมักปลาสดด้วยข้าวเหนียวและข้าวเจ้าที่อุณหภูมิ 37 °C ค่า pH ลดลงเหลือ 4.5 ซึ่งค่า pH ที่อยู่ในช่วง 4.5-5.0 เป็นช่วงที่เหมาะสมในการถนอมอาหาร เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียในอาหาร และจุลินทรีย์ก่อโรคจะถูกยับยั้งการเจริญ (Owen and Mendoza, 1985) นอกจากนี้ การลดลงของค่า pH ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนในเนื้อปลา เช่น การจับตัวกันของโปรตีนกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ส่งผลต่อความหนาแน่นของเนื้อปลาและคงรูปที่มากขึ้น รวมทั้งเกิดการย่อยของสารอาหารต่าง ๆ เช่น โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต จากกิจกรรมของเอนไซม์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ย่อยเนื้อปลา ทำให้สารอาหารมีขนาดโมเลกุลเล็กลง ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ง่าย เกิดเนื้อสัมผัส กลิ่น และรสชาติเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (จุไร, 2553) โดยเฉพาะเมื่อ pH ในช่วง 4.7-5.4 ค่าประจุบวกและลบในเนื้อสัตว์จะเท่ากัน เกิดการดึงดูดซึ่งกันและกัน ส่งผลต่อความแน่นของเนื้อ (Zayas, 1997)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของปลาสดเส้นก่อนและหลังหมัก

| คุณภาพทางเคมี | PA | | PB | | PC | |
|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | ก่อนหมัก | หลังหมัก | ก่อนหมัก | หลังหมัก | ก่อนหมัก | หลังหมัก |
| โปรตีน (ร้อยละ) | 18.72±0.06 | 17.69±0.06 | 18.88±0.07 | 17.61±0.07 | 18.94±0.25 | 19.77±0.25 |
| ไขมัน (ร้อยละ) | 2.05±0.03 | 3.32±0.03 | 2.10±0.14 | 3.27±0.14 | 2.19±0.02 | 3.66±0.02 |
| เกลือ (ร้อยละ) | 0.12±0.01 | 2.62±0.00 | 0.14±0.05 | 2.70±0.05 | 0.18±0.07 | 3.59±0.07 |
| เถ้า (ร้อยละ) | 1.43±0.08 | 3.28±0.01 | 1.39±0.02 | 3.24±0.08 | 1.42±0.07 | 3.82±0.07 |
| ความชื้น (ร้อยละ) | 78.72±0.09 | 72.24±0.09 | 78.84±0.41 | 73.07±0.39 | 78.94±0.56 | 66.47±0.09 |
| pH | 6.2±0.0 | 4.5±0.0 | 6.1±0.0 | 4.5±0.0 | 6.1±0.00 | 4.6±0.0 |
| กรดแลคติก (ร้อยละ) | 0.72±0.01 | 2.09±0.04 | 0.77±0.02 | 2.14±0.02 | 0.84±0.03 | 2.08±0.00 |

PA: ปลาสดเส้นข้าวเจ้า; PB: ปลาสดเส้นข้าวเหนียว; PC: ปลาสดเส้นข้าวคั่ว

1.2 คุณภาพทางกายภาพ พบว่า ทั้ง 3 สูตร มีน้ำสีขาวขุ่นออกมาที่ก้นถุง โดยสูตร PA และ PB เนื้อปลามีลักษณะเป็นชิ้นสม่ำเสมอ มีสีขาวขุ่นเล็กน้อย ข้าวยังมีลักษณะเป็นเม็ด บริเวณผิวปลาสอดมีความชุ่มชื้น มีกลิ่นเปรี้ยวเพียงเล็กน้อย และมีรสชาติเปรี้ยว โดยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ด้าน ดังนี้ ลักษณะปรากฏ มีคะแนน 8.25±0.38 และ 8.50±0.50 ด้านสีมีคะแนน 8.25±0.38 และ 8.50±0.50 ด้านกลิ่นมีคะแนน 8.25±0.38 และ 8.38±0.47 ด้านรสชาติ มีคะแนน 8.06±0.34 และ 8.36±0.47 และด้านลักษณะเนื้อ มีคะแนน 8.06±0.34 และ 8.13±0.44 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า สูตร PB มีรสชาติออกหวาน ซึ่งอาจเกิดจากรสชาติเฉพาะตัวของข้าวเหนียวที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นอะไมโลเพคตินที่มีกลูโคสจำนวนมาก เป็นองค์ประกอบ โดยมีมากกว่า 10,000 หน่วย จัดเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว มีกิ่งก้านสาขาแยกออกไปเฉลี่ยทุก ๆ 20-30 หน่วย (กล้าณรงค์ และเกื้อกุล, 2546) ส่วนสูตร PC มีคะแนนทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อ เท่ากับ 7.75±0.38, 7.50±0.50, 7.38±0.63, 7.38±0.63 และ 7.63±0.56 ตามลำดับ ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความเห็นว่า ปลาสอดเส้นสูตรนี้มีคุณลักษณะทางด้านกลิ่นและรสชาติเฉพาะตัวที่เกิดจากข้าวคั่ว ไม่มีกลิ่นคาวของปลา ซึ่งเกิดจากรสประกอบพวกคาร์ราเมลที่อยู่ในข้าวคั่วมีบทบาทในการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการสร้างกรดอินทรีย์ ช่วยในการกลบกลิ่นเหม็นที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนได้ (พูลทรัพย์ และคณะ, 2542) ซึ่งสอดคล้องกับ นงนุช (2538) ที่รายงานว่า ข้าวคั่วนอกจากมีคุณสมบัติในการปรับปรุงกลิ่นรสของปลาสอดแล้ว ยังมีแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่มีคุณสมบัติสร้างกรด ป้องกันจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร และสร้างสารช่วยลดกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ส่วนคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส ผู้ทดสอบแสดงความคิดเห็นว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสค่อนข้างแห้ง อาจเป็นเพราะข้าวคั่วมีความชื้นต่ำ ทำให้เกิดการดูดน้ำออกจากเนื้อปลาได้มาก เมื่อนำไปวัดความชื้น พบว่า มีความชื้นร้อยละ 66.47±0.09 (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 3 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นเมื่อผ่านการหมัก 3 วัน

| ตัวอย่าง | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| PA | 8.25±0.38 | 8.25±0.38 | 8.25±0.38 | 8.06±0.34 | 8.06±0.34 |
| PB | 8.50±0.50 | 8.50±0.50 | 8.38±0.47 | 8.36±0.47 | 8.13±0.44 |
| PC | 7.75±0.38 | 7.50±0.50 | 7.38±0.63 | 7.38±0.63 | 7.63±0.56 |

PA: ปลาสามเส้นข้าวเจ้า, PB: ปลาสามเส้นข้าวเหนียว, PC: ปลาสามเส้นข้าวคั่ว

1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของปลาสามเส้น สูตร PA, PB และ PC ระหว่างการเก็บรักษา ตรวจไม่พบ *S. aureus*, *Salmonella* spp., *C. perfringens*, *E. coli* และตรวจพบยีสต์และรา น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสาม (มผช. 26/2557) (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557)

ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้น สูตร PA, PB และ PC พบว่า ก่อนการหมักมีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก 5.0×10^6 , 2.3×10^6 และ 1.0×10^6 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ เมื่อผ่านการหมักปลาเป็นเวลา 3 วัน มีปริมาณ 4.9×10^7 , 2.5×10^7 และ 9.7×10^7 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 4) จากผลที่ได้ พบว่าปลาสามเส้น สูตร PC มีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกค่อนข้างสูง เนื่องจากในข้าวคั่วมีปริมาณน้ำหนักรวมของคาร์โบไฮเดรตมากกว่าสูตรอื่นเมื่อเตรียมในสัดส่วนที่เท่ากัน ทำให้มีปริมาณกลูโคสสูงทำให้แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกสามารถเจริญเติบโตได้ดี โดย Caplice and Fitzgerald (1999) ได้รายงานไว้ว่า กระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคส 1 โมเลกุล สามารถเปลี่ยนเป็นกรดแลคติก 2 โมเลกุล เมื่อถูกหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟและได้กรดแลคติก 1 โมเลกุล เมื่อถูกหมักแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ ซึ่งเมื่อนำปลาสามเส้นทั้ง 3 สูตร ไปทดสอบหาชนิดของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ตามตารางผนวก 2 พบว่า สูตร PC เป็นแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟทุกไอโซเลทเป็นผลทำให้สูตร PC เกิดปริมาณกรดแลคติกสูง ส่วนสูตร PA และ PB พบกลุ่มแบคทีเรียแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟและเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ คิดเป็นร้อยละ 80 และ 20 ตามลำดับ ทั้ง 2 สูตร

ตารางที่ 4 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นทั้ง 3 สูตร

| สูตรปลาสามเส้น | ปริมาณก่อนหมัก (โคโลนี/กรัม) | ปริมาณหลังหมัก (โคโลนี/กรัม) |
|--|---------------------------------|---------------------------------|
| ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า (PA) | 5.0×10^6 | 4.9×10^7 |
| ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว (PB) | 2.3×10^6 | 2.5×10^7 |
| ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว (PC) | 1.0×10^6 | 9.7×10^7 |

ผลการทดสอบทางสัณฐานวิทยา พบว่า สูตร PA และ PB สามารถจำแนกแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกได้ 5 และ 4 สายพันธุ์ ตามลำดับ (ตารางผนวก 1) โดยพบ *Pediococcus pentosaceus* เป็นสายพันธุ์ที่พบมากที่สุด รองลงมาเป็น *L. plantarum* ทั้ง 2 สูตร จากการศึกษาของ Tanasupawat and Komagata (1995) ที่คัดแยกแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกทั้งหมด 20 สายพันธุ์ ในอาหารหมักดอง พบว่า ผลิตภัณฑ์ปลาสามสามารถคัดแยกแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกชนิด *P. pentosaceus*, *L. plantarum*, *L. pentosus*, *L. fermentum* และ *Enterococcus hirae* โดยพบ *P. pentosaceus* เป็นกลุ่มหลักในช่วงแรกของการหมัก ส่วนสูตร PC ที่พบแบคทีเรียแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟทุกไอโซเลท ตรวจพบ *P. pentosaceus* เป็นสายพันธุ์หลักเช่นกัน พบถึง 72 ไอโซเลทและรองลงมาคือ *L. plantarum* (ตารางผนวก 2) ซึ่งสาเหตุที่ตรวจไม่พบแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกกลุ่มเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ อาจเนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถเจริญได้ดีในช่วงปริมาณเกลือไม่สูงมากนัก (นาถสุดา, 2522) โดยมีการทดลองของ Pederson and Albury (1969) ทดลองเพิ่มความเข้มข้นของปริมาณเกลือ 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 1, 2.5 และ 3.5 ในอาหารหมักดอง และเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกัน เพื่อศึกษา

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรดแลคติกและการเปลี่ยนแปลงของชนิดแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก พบว่าแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกแบบเฮเทอโรเฟอโรเมนเทฟิฟ เช่น *L. mesenteroides*, *L. brevis* สามารถเจริญได้ดีในอาหารหมักดองที่มีความเข้มข้นของเกลือในช่วงร้อยละ 1-2.5 แต่เจริญได้น้อยและไม่เจริญเลยในความเข้มข้นเกลือร้อยละ 3.5 ที่ความเข้มข้นนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของกลุ่มโฮโมเฟอโรเมนเทฟิฟ ตรวจพบ *P. pentosaceus* และ *L. plantarum* ตลอดช่วงการทดลอง นอกจากนี้ปัจจัยในเรื่องความเข้มข้นของเกลือแล้วยังพบว่ากระบวนการทำให้ข้าวสุกทั้งการหุงข้าวและการคั่วข้าวคั่วซึ่งต้องให้ความร้อนสูง มีโอกาสทำให้วิตามินบี 1 หรือไทอามีน (Thiamine) ในเมล็ดข้าวถูกทำลาย ส่งผลกระทบต่อการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกกลุ่มเฮเทอโรเฟอโรเมนเทฟิฟซึ่งต้องใช้ไทอามีนในการดำรงชีวิตและสร้างเอนไซม์ Phosphoketolase เพื่อใช้ในกระบวนการหมัก (วิเชียร, 2534) โดยพบว่า ไทอามีนเป็นสารที่ไม่ทนต่อความร้อน และสามารถละลายได้ดีในน้ำ (Medicine LibreTexts, 2019)

2. คุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษา

2.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสดที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า (PA)

เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า ปลาสดที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PAR) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี คือ pH มีค่าลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 4.1 ± 0.0 ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.49 ± 0.01 (ตารางที่ 5) ซึ่งเกิดจากกรดที่ผลิตจากแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ได้แก่ *L. plantarum* และ *L. brevis* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นกรดและสร้างกลิ่นรส แล้วซึมผ่านเข้าสู่เนื้อปลา ส่งผลให้ปลามีรสเปรี้ยว ยิ่งหมักไว้นานความเปรี้ยวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในช่วงอุณหภูมิ $20-35$ °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกในกระบวนการหมัก (มัทนา, 2545) *L. brevis* และ *L. plantarum* สามารถเจริญได้ในเกลือที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.0-2.5 และ 1.0-3.5 ตามลำดับ (Pederson and Albury, 1969) จัดอยู่ในกลุ่ม Halophilic lactic acid bacteria ในกลุ่มที่ชอบเกลือเล็กน้อยในช่วงร้อยละ 0.5-3 และชอบเกลือปานกลางในช่วงร้อยละ 3-15 (มัทนา, 2525) สอดคล้องกับปริมาณเกลือที่ตรวจพบในปลาสดที่ผลิตขึ้น (ตารางที่ 2) ปลาสดสามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 4 วัน ผู้ทดสอบให้คะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จนถึงระดับพอใช้ในวันที่ 4 มีคะแนน 5.88 ± 0.88 หลังจากนั้นผู้ทดสอบไม่ยอมรับ เนื่องจากมีรสชาติเปรี้ยวมากและมีรสขมเล็กน้อย ส่วนลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และลักษณะเนื้อ มีคะแนนการยอมรับลดลง แต่ยังอยู่ในช่วงที่รับได้จนถึงวันที่ 6 มีคะแนน 7.13 ± 0.22 , 6.88 ± 0.47 , 5.75 ± 1.50 และ 5.00 ± 1.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 6) โดยลักษณะปรากฏเนื้อปลายังเป็นชิ้นสม่ำเสมอ แตกออกเล็กน้อย แต่เม็ดข้าวย่อยสลายเป็นเศษเล็ก ๆ ซึ่งอาจเกิดจากแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกผลิตเอนไซม์อะไมเลสที่สามารถไฮโดรไลสแป้ง ทำให้เม็ดข้าวแตกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และเนื้อของปลา มีสีคล้ำออกเหลือง (ภาพที่ 4) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงด้านสีสอดคล้องกับการทดลองของ คณิตและคณะ (2549) รายงานว่าค่าสีของปลาสดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 °C มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยเนื้อปลาเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อยเกิดจากโปรตีนในเนื้อปลา มีสภาวะความเป็นกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักและระหว่างเก็บรักษา มีกลิ่นเปรี้ยวขึ้นเล็กน้อย ลักษณะขึ้นเนื้อแตกเล็กน้อยและแห้งเมื่อรับประทาน

ตารางที่ 5 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PAR)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------|------------------------|
| 0 | 4.5±0.0 | 2.09±0.04 ^D |
| 2 | 4.5±0.0 | 2.66±0.00 ^C |
| 4 | 4.4±0.0 | 2.78±0.01 ^B |
| 6 | 4.1±0.0 | 4.49±0.01 ^A |

^{A,B,...,D} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PAR)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 8.25±0.38 ^A | 8.25±0.38 ^A | 8.25±0.38 ^A | 8.06±0.34 ^A | 8.06±0.34 ^A |
| 2 | 7.88±0.22 ^{AB} | 8.00±0.00 ^A | 7.63±0.47 ^B | 7.25±0.56 ^B | 7.75±0.38 ^A |
| 4 | 7.38±0.78 ^B | 6.88±0.88 ^B | 7.50±0.63 ^B | 5.88±0.88 ^C | 6.63±1.47 ^B |
| 6 | 7.13±0.22 ^B | 6.88±0.47 ^B | 5.75±1.50 ^C | 3.00±0.00 ^D | 5.00±1.75 ^C |

^{A,B,...,D} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าระหว่างการเก็บรักษา

(ก): PA ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า ผ่านการหมัก 3 วัน

(ข): PAR ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 ± 5 °C นาน 4 วัน

(ค): PAC ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ± 2 °C นาน 42 วัน

(ง): PAF ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °C นาน 180 วัน

ปลาส้มเส้นที่เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAC) เมื่อเก็บรักษานาน 42 วัน มีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 2.77 ± 0.00 (ตารางที่ 7) pH มีค่าลดลงเป็น 3.9 ± 0.0 เนื่องจากที่อุณหภูมิแช่เย็น ($3\pm 2^{\circ}\text{C}$) การทำงานและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ช้ากว่าอุณหภูมิห้องจึงทำให้เกิดปริมาณกรดแลคติกน้อยกว่า ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัสผู้ทดสอบให้การยอมรับรสชาติและลักษณะเนื้อที่อายุการเก็บรักษานาน 28 วัน แต่มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) โดยคุณลักษณะด้านรสชาติมีคะแนน 6.75 ± 0.38 และลักษณะเนื้อมีคะแนน 7.13 ± 0.22 และไม่ยอมรับในวันที่ 42 ทั้ง 2 คุณลักษณะเนื่องจากมีรสชาติเปรี้ยวมากและมีรสขมเล็กน้อย มีขึ้นเนื้อแตก และแห้งเมื่อรับประทาน มีคะแนน 4.13 ± 0.22 และ 4.63 ± 1.28 ตามลำดับ ส่วนคุณลักษณะด้านอื่น ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น มีคะแนนการยอมรับลดลงแต่ยังยอมรับได้ในวันที่ 42 มีคะแนน 6.38 ± 0.88 , 5.88 ± 0.88 และ 6.00 ± 1.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาส้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAC)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|--------------|---------------------------|
| 0 | 4.5 ± 0.0 | $2.09\pm 0.04^{\text{C}}$ |
| 14 | 4.5 ± 0.0 | $2.78\pm 0.01^{\text{A}}$ |
| 28 | 4.4 ± 0.0 | $2.66\pm 0.00^{\text{B}}$ |
| 42 | 3.9 ± 0.0 | $2.77\pm 0.00^{\text{A}}$ |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ตารางที่ 8 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาส้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAC)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | $8.25\pm 0.38^{\text{A}}$ | $8.25\pm 0.38^{\text{A}}$ | $8.25\pm 0.38^{\text{A}}$ | $8.06\pm 0.34^{\text{A}}$ | $8.06\pm 0.34^{\text{A}}$ |
| 14 | $7.88\pm 0.22^{\text{A}}$ | $8.00\pm 0.25^{\text{A}}$ | $7.63\pm 0.47^{\text{AB}}$ | $7.00\pm 0.50^{\text{B}}$ | $7.63\pm 0.47^{\text{A}}$ |
| 28 | $7.75\pm 0.38^{\text{A}}$ | $7.13\pm 0.22^{\text{B}}$ | $7.13\pm 0.22^{\text{B}}$ | $6.75\pm 0.38^{\text{C}}$ | $7.13\pm 0.22^{\text{A}}$ |
| 42 | $6.38\pm 0.88^{\text{B}}$ | $5.88\pm 0.88^{\text{C}}$ | $6.00\pm 1.50^{\text{C}}$ | $4.13\pm 0.22^{\text{D}}$ | $4.63\pm 1.28^{\text{B}}$ |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ปลาส้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PAF) เมื่อเก็บรักษาครบ 180 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของ pH ปริมาณกรดแลคติก และคะแนนทางประสาทสัมผัสเล็กน้อย โดย pH มีค่าลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 4.3 ± 0.0 ปริมาณกรดแลคติก อยู่ในช่วงร้อยละ 2.09-2.44 (ตารางที่ 9) ส่วนคะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และลักษณะเนื้อ ผู้ทดสอบให้การยอมรับลดลงในระดับขอบเล็กน้อยถึงขอบปานกลาง ตลอดอายุการเก็บรักษา มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.00-7.88, 6.75-7.75, 6.38-7.38, 6.13-7.25 และ 6.38-7.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็งจุลินทรีย์ชะลอกระบวนการทำงานและการเจริญเติบโต ทำให้ผลิตรกรดได้ลดลง (มัทนา, 2545) สอดคล้องกับ Ana *et al.* (1998) ได้ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียผลิตรกรดแลคติกที่อุณหภูมิแตกต่างกันเพื่อสร้างโมเดลการเจริญเติบโต พบว่า ที่อุณหภูมิ 4°C ไม่พบการเจริญของแบคทีเรียผลิตรกรดแลคติก และรายงานช่วงอุณหภูมิที่พบการเจริญได้คือ $10-40^{\circ}\text{C}$

ตารางที่ 9 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 °C (PAF)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------|-------------------------|
| 0 | 4.5±0.0 | 2.09±0.04 ^C |
| 30 | 4.4±0.0 | 2.35±0.01 ^{AB} |
| 60 | 4.4±0.0 | 2.32±0.01 ^{AB} |
| 90 | 4.4±0.0 | 2.44±0.01 ^A |
| 120 | 4.4±0.0 | 2.27±0.00 ^{AB} |
| 150 | 4.4±0.0 | 2.35±0.00 ^{AB} |
| 180 | 4.3±0.0 | 2.41±0.01 ^A |

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 10 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 °C (PAF)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 0 | 8.25±0.38 ^A | 8.25±0.38 ^A | 8.25±0.38 ^A | 8.06±0.34 ^A | 8.06±0.34 ^A |
| 30 | 7.88±0.44 ^{AB} | 7.75±0.38 ^{AB} | 7.38±0.47 ^B | 7.25±0.75 ^B | 7.75±0.38 ^A |
| 60 | 7.13±0.44 ^C | 7.13±0.44 ^{BC} | 6.63±0.88 ^{BC} | 6.88±0.44 ^{BC} | 7.00±0.50 ^B |
| 90 | 7.00±0.50 ^C | 6.75±0.56 ^C | 6.38±0.47 ^C | 6.13±0.22 ^C | 6.38±0.56 ^B |
| 120 | 7.13±0.44 ^C | 7.13±0.66 ^{BC} | 6.75±0.81 ^{BC} | 6.50±0.88 ^{BC} | 6.75±0.63 ^B |
| 150 | 7.13±0.44 ^C | 6.88±0.69 ^C | 6.75±0.56 ^{BC} | 7.00±0.25 ^B | 7.00±0.25 ^B |
| 180 | 7.25±0.56 ^{BC} | 7.13±0.66 ^{BC} | 7.13±0.66 ^{BC} | 7.13±0.66 ^B | 6.88±0.22 ^B |

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของปลาสามเส้น PAR, PAC และ PAF ระหว่างการเก็บรักษา ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp., *S. aureus*, *C. perfringens*, *E. coli* และตรวจพบยีสต์และรา น้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสาม (มพช. 26/2557) ทั้งนี้อาจเนื่องจากกรดอินทรีย์ที่แบคทีเรียผลิตขึ้นมานั้น สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของอาหารและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ โดยเฉพาะในช่วง pH 4.5-5.0 (Farias *et al.*, 1994)

ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้น PA ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง (PAR) มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 2.5×10^7 โคโลนีต่อกรัม เป็น 2.5×10^8 โคโลนีต่อกรัม เมื่ออายุการเก็บรักษา 6 วัน สำหรับอุณหภูมิแช่เย็น (PAC) มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 2.5×10^7 โคโลนีต่อกรัม เป็น 1.6×10^8 โคโลนีต่อกรัม เมื่อมีอายุการเก็บรักษาครบ 42 วัน ส่วนที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (PAF) มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนแรก หลังจากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษา 180 วัน โดยมีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นจาก 2.5×10^7 เป็น 3.1×10^8 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 11) ซึ่งผลการเปลี่ยนแปลงของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่อุณหภูมิห้อง สอดคล้องกับการศึกษาของวัชร (2547) ที่พบแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกจำนวนมากในระหว่างการหมักปลาสามระยะเวลา 8 วัน ซึ่งเป็นตัวสร้างกรดแลคติก ทำให้ค่า pH ต่ำลง ส่วนผลการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาการเก็บรักษาปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่อุณหภูมิ 4 °C และ -20 °C บนซีของ Setyawardani *et al.* (2019) พบว่า อุณหภูมิแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง สามารถชะลอการเจริญของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกได้ เมื่อทดลองเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซีที่มีแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก

ตั้งต้นมีปริมาณ 10^8 โคโลนีต่อกรัม ที่อุณหภูมิ 4°C เมื่อระยะเวลาผ่านไป 45 วัน พบมีการเพิ่มขึ้นของแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกจาก 6.5×10^8 โคโลนีต่อกรัม เป็น 1.39×10^9 โคโลนีต่อกรัม ส่วนที่อุณหภูมิ -20°C มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วง $2.67 \times 10^8 - 1.0^6 \times 10^9$ โคโลนีต่อกรัม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 60 วัน

แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกบางชนิดสามารถเจริญเติบโตและยังคงดำเนินกิจกรรมผลิตกรดได้ในที่อุณหภูมิต่ำในระหว่างการเก็บรักษา แบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีกลไกในการป้องกันตนเองจากความเครียดในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ ทั้งการสร้างโปรตีนจำเพาะชนิด Cold induced proteins (CIPs) และ Cold shock protein (Csp) ที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันโครงสร้างของเอ็มอาร์เอ็นเอ ทำให้เกิดกระบวนการถอดรหัสและแปลรหัสได้ในอุณหภูมิต่ำ ลดการสร้างดีเอ็นเอสภาพเกลียวเวียนซ้ำ (Negative supercoiling) ที่ง่ายต่อการถูกทำลายและกระตุ้นการสร้างไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย (Phadtare *et al.* 2000) อีกทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนองค์ประกอบโครงสร้างไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์จากไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์อ่อนตัวในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ ส่งผลต่อการลดการฉีกขาดของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์สามารถแลกเปลี่ยนสารอาหารได้อย่างปกติ (Phadtare, 2004) ดังนั้น จึงพบการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในปลาสามเส้นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 11 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้า ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

| ระยะเวลา (วัน) | PAR (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PAC (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PAF (โคโลนี/กรัม) |
|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 2.5×10^7 | 0 | 2.5×10^7 | 0 | 2.5×10^7 |
| 2 | 1.6×10^8 | 14 | 1.4×10^8 | 30 | 2.6×10^8 |
| 4 | 3.3×10^8 | 28 | 1.4×10^8 | 60 | 1.3×10^8 |
| 6 | 2.5×10^8 | 42 | 1.6×10^8 | 90 | 1.9×10^8 |
| | | | | 120 | 1.0×10^8 |
| | | | | 150 | 1.0×10^8 |
| | | | | 180 | 3.1×10^8 |

PAR: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($35 \pm 5^{\circ}\text{C}$)

PAC: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น ($3 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

PAF: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเจ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว (PB)

เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่า ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บที่อุณหภูมิห้อง $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (PBR) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี คือ pH มีค่าลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 3.9 ± 0.0 ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.53 ± 0.04 (ตารางที่ 12) ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านรสชาติไม่น้อยกว่า 4 วัน ซึ่งมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) จนถึงระดับพอใช้ มีคะแนน 5.13 ± 0.94 และไม่ยอมรับในวันที่ 6 มีคะแนน 3.00 ± 0.00 ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านรสชาติและลักษณะเนื้อที่ระดับพอใช้และชอบเล็กน้อยในวันที่ 4 มีคะแนน 5.13 ± 0.94 และ 6.63 ± 1.06 ตามลำดับ และไม่ยอมรับในวันที่ 6 ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า มีรสชาติเปรี้ยวมากเกินไปจนมีรสขม มีขึ้นเนื้อแตกและแห้งเมื่อรับประทาน มีคะแนน 3.63 ± 0.63 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพเกิดจากกรดเข้าไปทำลายโครงสร้างโปรตีนในเนื้อปลา สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี เมื่ออายุการเก็บนาน 6 วัน ค่า pH ต่ำลงเป็น 3.9 ข้าวเหนียวมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นพอลิเมอร์เชิงกิ่งของกลูโคสจำนวนมาก ทำให้มีแหล่งพลังงานในการผลิตกรดแลคติกมาก

เกิดกระบวนการหมักและสร้างกรดแลคติกได้มาก (กล้านรงค์ และเกื้อกุล, 2546) ส่งผลทำให้สร้างกรดได้มากกว่าข้าวเจ้า ความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติเปรี้ยวและเนื้อสัมผัสไม่ดี สอดคล้องกับ เรื่องลักษณะ (2543) ได้รายงานไว้ว่า เนื้อสัตว์ที่อยู่ในสภาวะกรดหรือเบสสูงเป็นเวลานาน จะทำให้พันธะเปปไทด์และ Salt linkage ถูกทำลาย ทำให้เกิดการตกตะกอนของโปรตีน มีผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับค่อนข้างน้อย ส่วนคุณลักษณะด้านอื่น ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น มีคะแนนการยอมรับลดลงในระดับขอบเล็กน้อยและพอใช้ ในวันที่ 6 มีคะแนน 6.00 ± 0.50 , 5.00 ± 0.25 และ 5.25 ± 0.88 ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PBR)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------------|--------------------|
| 0 | 4.5 ± 0.0 | 2.33 ± 0.00^D |
| 2 | 4.3 ± 0.0 | 3.31 ± 0.21^C |
| 4 | 4.2 ± 0.0 | 4.02 ± 0.00^B |
| 6 | 3.9 ± 0.0 | 4.53 ± 0.04^A |

^{A,B,...,D} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 13 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PBR)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | 8.50 ± 0.50^A | 8.50 ± 0.50^A | 8.38 ± 0.47^A | 8.36 ± 0.47^A | 8.13 ± 0.44^A |
| 2 | 8.50 ± 0.50^A | 8.50 ± 0.50^A | 8.25 ± 0.56^A | 8.38 ± 0.47^A | 8.00 ± 0.50^A |
| 4 | 7.75 ± 0.56^B | 7.63 ± 0.72^B | 6.75 ± 1.00^B | 5.13 ± 0.94^B | 6.63 ± 1.06^B |
| 6 | 6.00 ± 0.50^C | 5.00 ± 0.25^C | 5.25 ± 0.88^C | 3.00 ± 0.00^C | 3.63 ± 0.63^C |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)



(น)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวระหว่างการเก็บรักษา

(ก): PB ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวผ่านการหมัก 3 วัน

(ข): PBR ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 ± 5 °C นาน 4 วัน

(ค): PBC ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3 ± 2 °C นาน 42 วัน

(ง): PBF ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 ± 2 °C นาน 180 วัน

ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBC) เป็นเวลานาน 42 วัน ค่า pH ลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 4.2 ± 0.0 ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 3.00 ± 0.00 (ตารางที่ 14) ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านรสชาติลดลงจนถึงระดับขอบเล็กน้อยในวันที่ 28 มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) และไม่ยอมรับในวันที่ 42 ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ารสชาติเปรี้ยวมากเกินไปและมีรสขมเล็กน้อย สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี เมื่อเก็บไว้นาน 42 วัน มีค่า pH เท่ากับ 4.2 ± 0.0 ส่วนคุณลักษณะด้านกลิ่นได้รับคะแนนลดลงจนถึงระดับขอบปานกลางในวันที่ 28 มีคะแนน 7.63 ± 0.56 และไม่ยอมรับในวันที่ 42 คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ากลิ่นเปรี้ยวมากเกินไปและมีกลิ่นบูด มีคะแนน 4.13 ± 1.44 สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิชชุฉญา และคณะ (2551) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของปลาสามจากปลานิล พบว่า ปลาสามที่ใช้ข้าวเหนียวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปลาสามที่ใช้ข้าวเจ้าเป็นส่วนผสม ส่วนลักษณะเนื้อได้รับการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) ที่ระดับไม่ขอบเล็กน้อยในวันที่ 42 ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า มีชิ้นเนื้อแตกและแห้งเมื่อรับประทาน (ภาพที่ 5) มีคะแนน 4.63 ± 1.35 การเปลี่ยนแปลงคล้ายกับปลาสามที่มีข้าวเจ้าเป็นส่วนผสม ส่วนลักษณะปรากฏและสี มีคะแนนการยอมรับลดลงแต่ยังอยู่ในช่วงขอบเล็กน้อยและพอใช้ในวันที่ 42 มีคะแนน 6.13 ± 1.34 และ 5.88 ± 1.19 ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBC)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|--------------|--------------------|
| 0 | 4.5 ± 0.0 | 2.33 ± 0.00^D |
| 14 | 4.4 ± 0.0 | 2.72 ± 0.00^B |
| 28 | 4.3 ± 0.0 | 2.55 ± 0.00^C |
| 42 | 4.2 ± 0.0 | 3.00 ± 0.00^A |

^{A,B,...,D} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ตารางที่ 15 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBC)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 8.50 ± 0.50^A | 8.50 ± 0.50^A | 8.38 ± 0.47^A | 8.36 ± 0.47^A | 8.13 ± 0.44^A |
| 14 | 8.25 ± 0.38^A | 8.25 ± 0.38^A | 8.13 ± 0.22^A | 8.00 ± 0.00^A | 8.00 ± 0.00^A |
| 28 | 8.00 ± 0.00^A | 7.75 ± 0.38^A | 7.63 ± 0.56^A | 6.00 ± 0.25^B | 7.88 ± 0.44^A |
| 42 | 6.13 ± 1.34^B | 5.88 ± 1.19^C | 4.13 ± 1.44^B | 4.25 ± 1.31^C | 4.63 ± 1.35^B |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PBF) เมื่อเก็บรักษา 180 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของ pH ปริมาณกรดแลคติกและคะแนนทางประสาทสัมผัสเพียงเล็กน้อย โดย pH มีค่าลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 4.3 ± 0.0 ปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงร้อยละ 2.33-2.72 (ตารางที่ 16) ลักษณะปรากฏได้คะแนนลดลงจนถึงระดับขอบเล็กน้อย มีคะแนน 6.25 ± 0.38 โดยผู้ทดสอบมีความเห็นว่าชิ้นปลายังคงเป็นชิ้นสม่ำเสมอแต่เม็ดข้าวถูกย่อยเป็นท่อนเล็ก ๆ หรืออยู่ไม่เป็นเม็ด (ภาพที่ 5) สีได้คะแนนที่ระดับพอใช้ มีคะแนน 5.88 ± 0.66 ซึ่งสีคล้ำขึ้นเล็กน้อย ด้านรสชาติได้คะแนนในระดับพอใช้ มีคะแนน 5.25 ± 0.38 ด้านกลิ่นได้คะแนนลดลงระดับพอใช้ มีคะแนน 5.50 ± 0.50 โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ารสชาติ และมีกลิ่น

เปรี้ยวขึ้นเล็กน้อย ส่วนลักษณะเนื้อได้คะแนนที่ระดับพอใช้ มีคะแนน 5.00 ± 0.25 (ตารางที่ 17) โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่ามีขึ้นเนื้อแตก และแห้งเมื่อรับประทาน

ตารางที่ 16 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 °C (PBF)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------------|----------------------|
| 0 | 4.5 ± 0.0 | 2.33 ± 0.00^E |
| 30 | 4.4 ± 0.0 | 2.46 ± 0.00^{DE} |
| 60 | 4.4 ± 0.0 | 2.57 ± 0.00^{BC} |
| 90 | 4.4 ± 0.0 | 2.52 ± 0.00^{CD} |
| 120 | 4.4 ± 0.0 | 2.52 ± 0.00^{CD} |
| 150 | 4.4 ± 0.0 | 2.53 ± 0.02^{CD} |
| 180 | 4.3 ± 0.0 | 2.72 ± 0.08^A |

^{A,B,...,E} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 17 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 °C (PBF)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 8.50 ± 0.50^A | 8.50 ± 0.50^A | 8.38 ± 0.47^A | 8.36 ± 0.47^A | 8.13 ± 0.44^A |
| 30 | 7.88 ± 0.22^B | 8.00 ± 0.00^{AB} | 7.75 ± 0.38^A | 8.00 ± 0.00^{AB} | 8.00 ± 0.00^A |
| 60 | 7.50 ± 0.50^{BC} | 7.50 ± 0.50^{BC} | 6.88 ± 0.66^B | 6.88 ± 0.94^{BC} | 7.13 ± 0.66^{BC} |
| 90 | 7.25 ± 0.38^{BC} | 7.13 ± 0.44^{CD} | 6.88 ± 0.44^B | 7.38 ± 0.47^C | 7.25 ± 0.38^{BC} |
| 120 | 7.25 ± 0.56^C | 7.00 ± 0.50^{CD} | 6.25 ± 1.00^{BC} | 5.63 ± 1.03^D | 6.50 ± 0.50^C |
| 150 | 6.63 ± 0.63^D | 6.50 ± 0.88^{DE} | 6.00 ± 0.25^{CD} | 5.75 ± 0.75^D | 5.50 ± 0.75^D |
| 180 | 6.25 ± 0.38^D | 5.88 ± 0.66^E | 5.50 ± 0.50^D | 5.25 ± 0.38^D | 5.00 ± 0.25^D |

^{A,B,...,E} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของปลาสามเส้น PBR, PBC และ PBF ระหว่างการเก็บรักษา ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp., *S. aureus*, *C. perfringens*, *E. coli* และตรวจพบยีสต์และราอย่างน้อยกว่า 100 โคลนีต่อกรัม เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสาม (มพช. 26/2557)

ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้น PB ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับ PA โดยที่อุณหภูมิห้อง (PBR) มีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 4.9×10^7 โคลนีต่อกรัม เป็น 6.6×10^8 โคลนีต่อกรัม ในวันที่ 6 ส่วนแบบการทดลอง PBC มีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ในวันที่ 42 มีปริมาณ 2.0×10^8 โคลนีต่อกรัม สำหรับแบบการทดลอง PBF จะมีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาผ่านไป 180 วัน มีปริมาณ 1.8×10^8 โคลนีต่อกรัม (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียว ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

| ระยะเวลา (วัน) | PBR (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PBC (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PBF (โคโลนี/กรัม) |
|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| 0 | 4.9×10^7 | 0 | 4.9×10^7 | 0 | 4.9×10^7 |
| 2 | 2.7×10^8 | 14 | 1.7×10^8 | 30 | 2.5×10^8 |
| 4 | 3.3×10^8 | 28 | 1.7×10^8 | 60 | 1.0×10^8 |
| 6 | 6.6×10^8 | 42 | 2.0×10^8 | 90 | 1.8×10^8 |
| | | | | 120 | 2.1×10^8 |
| | | | | 150 | 2.1×10^8 |
| | | | | 180 | 1.8×10^8 |

PBR: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 5 °C)

PBC: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (3 ± 2 °C)

PBF: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวเหนียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18 ± 2 °C)

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว (PC)

เมื่อนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน พบว่า ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PCR) มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี คือ pH มีค่าลดลงจาก 4.5 ± 0.0 เป็น 4.1 ± 0.0 ในวันที่ 6 ส่วนปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 4.25 ± 0.01 (ตารางที่ 19) ผู้ทดสอบให้การยอมรับด้านรสชาติ ไม่น้อยกว่า 2 วัน โดยมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จนถึงระดับพอใช้ และไม่ยอมรับในวันที่ 4 ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า มีรสชาติเปรี้ยวมากเกินไปและมีรสขม มีคะแนน 3.88 ± 1.09 สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี ที่มีค่า pH ลดลง และมีปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวคั่วมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเมื่อใช้สัดส่วนที่เท่ากัน ทำให้เกิดปฏิกิริยาการหมักและเกิดกรดแลคติกสูง ส่งผลให้มีรสชาติเปรี้ยว ส่วนคุณลักษณะด้านอื่น ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และลักษณะเนื้อ ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ยังยอมรับได้ในวันที่ 4 มีคะแนน 6.63 ± 0.88 , 6.63 ± 0.72 , 6.13 ± 0.88 และ 5.38 ± 0.72 ตามลำดับ (ตารางที่ 20) โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า มีลักษณะเป็นชิ้นสม่ำเสมอเรียวยาว ไม่มีก้างปน แต่เม็ดข้าวย่อยสลายไปเป็นชิ้นเล็ก สีออกเหลืองคล้ำขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 6) มีกลิ่นเปรี้ยวขึ้นเล็กน้อย แต่มีกลิ่นหอมของข้าวคั่ว ลักษณะขึ้นเนื้อแตกเล็กน้อยและแห้งเมื่อรับประทาน

ตารางที่ 19 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 35 ± 5 °C (PCR)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------------|--------------------|
| 0 | 4.6 ± 0.0 | 2.08 ± 0.00^C |
| 2 | 4.3 ± 0.0 | 2.27 ± 0.06^B |
| 4 | 4.1 ± 0.0 | 4.25 ± 0.01^A |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 20 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง $35\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (PCR)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 7.75 ± 0.38^A | 7.50 ± 0.50^A | 7.38 ± 0.63^A | 7.38 ± 0.63^A | 7.63 ± 0.56^A |
| 2 | 7.63 ± 0.47^A | 7.63 ± 0.47^A | 7.00 ± 0.25^A | 7.50 ± 0.63^A | 7.13 ± 0.22^A |
| 4 | 6.63 ± 0.88^B | 6.63 ± 0.72^B | 6.13 ± 0.88^B | 3.88 ± 1.09^B | 5.38 ± 0.72^B |

^{AB} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วระหว่างการเก็บรักษา

(ก): PC ปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วผ่านการหมัก 3 วัน

(ข): PCR ปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $35\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ นาน 4 วัน

(ค): PCC ปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $3\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ นาน 42 วัน

(ง): PCF ปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $-18\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ นาน 180 วัน

ปลาต้มเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (PCB) มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น pH มีค่าลดลงจาก 4.6 ± 0.0 เป็น 4.2 ± 0.0 ปริมาณกรดแลคติกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 2.85 ± 0.03 (ตารางที่ 21) ผู้ทดสอบให้การยอมรับรสชาติและลักษณะเนื้อที่อายุการเก็บนาน 28 วัน แต่มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$) โดยคุณลักษณะทางด้านรสชาติมีระดับคะแนน 6.31 ± 0.39 และลักษณะเนื้อที่ระดับคะแนน 7.00 ± 0.25 และไม่ยอมรับในวันที่ 42 ทั้ง 2 คุณลักษณะ โดยผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า มีรสชาติเปรี้ยวมากเกินไปและมีรสขมเล็กน้อย ลักษณะชิ้นเนื้อแตกเล็กน้อยและแห้งเมื่อรับประทาน มีคะแนน 4.25 ± 0.38 และ 4.88 ± 0.88 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงเกิดจากกรดที่เพิ่มขึ้นคล้ายแบบการทดลองที่มีข้าวเจ้าและข้าวเหนียวเป็นส่วนผสม สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมีเมื่อเวลาผ่านไป 42 วัน pH มีค่าลดลง และกรดแลคติกเพิ่มขึ้น ส่วนคุณลักษณะด้านอื่น ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น ในวันที่ 42 มีคะแนนลดลง แต่อยู่ในระดับที่ยังยอมรับได้ มีคะแนน 6.50 ± 0.50 , 6.63 ± 0.47 และ 6.63 ± 0.56 ตามลำดับ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCC)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------|------------------------|
| 0 | 4.6±0.0 | 2.08±0.00 ^D |
| 14 | 4.4±0.0 | 2.27±0.06 ^C |
| 28 | 4.3±0.0 | 2.51±0.01 ^B |
| 42 | 4.2±0.0 | 2.85±0.03 ^A |

^{A,B,...,D} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ตารางที่ 22 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น $3\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCC)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 7.75±0.38 ^A | 8.50±0.50 ^A | 7.38±0.63 ^A | 7.38±0.63 ^A | 7.63±0.56 ^A |
| 14 | 7.63±0.47 ^A | 7.63±0.47 ^B | 7.25±0.75 ^A | 7.25±0.38 ^A | 7.25±0.38 ^A |
| 28 | 7.13±0.22 ^B | 7.13±0.22 ^B | 7.00±0.25 ^A | 6.31±0.39 ^B | 7.00±0.25 ^A |
| 42 | 6.50±0.50 ^C | 6.63±0.47 ^C | 6.63±0.56 ^A | 4.25±0.38 ^C | 4.88±0.88 ^B |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCF) มีการเปลี่ยนแปลงของ pH และปริมาณกรดแลคติกเล็กน้อย โดย pH มีค่าลดลงจาก 4.6 ± 0.0 เป็น 4.4 ± 0.0 ปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วงร้อยละ 2.09-2.44 (ตารางที่ 23) ส่วนคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตลอดอายุการเก็บรักษาตั้งแต่วันที่ 30 ถึงวันที่ 180 ที่ระดับขอบเล็กน้อยและขอบปานกลาง โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.63-7.75, 6.50-7.88, 6.50-7.50, 6.38-7.75 และ 6.13-7.63 ตามลำดับ (ตารางที่ 24) ผู้ทดสอบให้ความเห็นว่า คุณลักษณะด้านกลิ่นค่อนข้างดี มีกลิ่นเฉพาะตัวของข้าวคั่วที่หอมตลอดการเก็บรักษา

ตารางที่ 23 ค่า pH และปริมาณกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง $-18\pm 2^{\circ}\text{C}$ (PCF)

| ระยะเวลา (วัน) | pH | กรดแลคติก (ร้อยละ) |
|----------------|---------|-------------------------|
| 0 | 4.6±0.0 | 2.08±0.00 ^F |
| 30 | 4.4±0.0 | 2.09±0.02 ^F |
| 60 | 4.4±0.0 | 2.12±0.00 ^{EF} |
| 90 | 4.4±0.0 | 2.16±0.01 ^{DE} |
| 120 | 4.4±0.0 | 2.27±0.06 ^C |
| 150 | 4.4±0.0 | 2.54±0.01 ^B |
| 180 | 4.3±0.0 | 2.79±0.01 ^A |

^{A,B,...,F} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq 0.05$)

ตารางที่ 24 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่ว เก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง -18 ± 2 °C (PCF)

| ระยะเวลา (วัน) | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ |
|----------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 0 | 7.75±0.38 ^A | 7.50±0.50 ^A | 7.38±0.63 ^{AB} | 7.38±0.63 ^A | 7.63±0.56 ^A |
| 30 | 7.75±0.44 ^A | 7.88±0.22 ^A | 7.50±0.50 ^A | 7.75±0.38 ^A | 7.63±0.47 ^A |
| 60 | 6.88±0.22 ^B | 7.00±0.00 ^B | 6.75±0.38 ^{BC} | 7.00±0.50 ^{AB} | 6.63±0.47 ^{BC} |
| 90 | 6.75±0.38 ^A | 7.75±0.38 ^A | 7.50±0.50 ^A | 7.25±0.56 ^A | 7.13±0.44 ^{AB} |
| 120 | 6.63±0.63 ^B | 6.50±0.50 ^C | 6.50±0.63 ^C | 6.38±0.47 ^B | 6.13±0.66 ^C |
| 150 | 6.63±0.63 ^B | 6.50±0.50 ^C | 6.50±0.63 ^C | 6.38±0.47 ^B | 6.13±0.66 ^C |
| 180 | 6.88±0.22 ^B | 6.63±0.47 ^{BC} | 6.88±0.44 ^{BC} | 7.00±0.50 ^{AB} | 6.88±0.69 ^{ABC} |

^{A,B,C} ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งเดียวกันที่มีตัวอักษรยกกำลังต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$)

คุณภาพทางจุลชีววิทยาของปลาสามเส้น PCR, PCC และ PCF ระหว่างการเก็บรักษา ตรวจไม่พบ *Salmonella* spp., *S. aureus*, *C. perfringens*, *E. coli* และตรวจพบยีสต์และราอย่างน้อยกว่า 100 โคโลนีต่อกรัม เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสาม (มพช. 26/2557)

ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้น PC ในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ที่อุณหภูมิห้อง (PCR) เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 2-4 วัน จากปริมาณ 9.7×10^7 โคโลนีต่อกรัม เป็น 8.0×10^8 โคโลนีต่อกรัม ทำให้เกิดความเป็นกรดสูง ส่งผลต่อการยอมรับด้านรสชาติ แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งของคาร์โบไฮเดรตที่มีปริมาณมากจะส่งผลต่อการเกิดแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกที่มากตามไปด้วย สำหรับอุณหภูมิแช่เย็น (PCC) มีปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกเพิ่มขึ้นตลอดกระบวนการหมัก ในวันที่ 42 มีปริมาณ 2.6×10^8 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งมีผลทำให้ผู้ทดสอบไม่ยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ ส่วนที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (PCF) ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในช่วง 1.0×10^8 - 2.8×10^8 โคโลนีต่อกรัม (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ปริมาณแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกของปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ

| ระยะเวลา (วัน) | PCR (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PCC (โคโลนี/กรัม) | ระยะเวลา (วัน) | PCF (โคโลนี/กรัม) |
|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0 | 9.7×10^7 | 0 | 9.7×10^7 | 0 | 9.7×10^7 |
| 2 | 3.0×10^8 | 14 | 1.9×10^8 | 30 | 2.8×10^8 |
| 4 | 8.0×10^8 | 28 | 2.2×10^8 | 60 | 1.0×10^8 |
| | | 42 | 2.6×10^8 | 90 | 2.1×10^8 |
| | | | | 120 | 2.6×10^8 |
| | | | | 150 | 1.1×10^8 |
| | | | | 180 | 2.0×10^8 |

PCR: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (35 ± 5 °C)

PCC: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (3 ± 2 °C)

PCF: ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของข้าวคั่วเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18 ± 2 °C)

สรุปผลการทดลอง

1. การแปรรูปปลาสามเส้นจากปลานิลโดยใช้คาร์โบไฮเดรตจากข้าวเจ้า (PA) ข้าวเหนียว (PB) และข้าวคั่ว (PC) เมื่อผ่านการหมักเป็นเวลา 3 วัน pH มีค่าอยู่ในช่วง 4.5-4.6 ปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมของคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 ชนิด ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทุกคุณลักษณะ ทั้งลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรค คุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องปลาสาม (มผช. 26/2557)

2. ผลผลิตปลาสามเส้นจากปลานิลที่ผลิตจากคาร์โบไฮเดรต 3 ชนิด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นและแช่เยือกแข็ง ผู้ทดสอบให้การยอมรับทุกคุณลักษณะ มีอายุการเก็บรักษานาน 28 และ 180 วัน ตามลำดับ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผู้ทดสอบยอมรับปลาสามเส้นที่มีส่วนผสมจากคาร์โบไฮเดรตทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว และข้าวคั่ว มีอายุการเก็บรักษานาน 4, 4 และ 2 วัน ตามลำดับ

3. คุณภาพทางจุลชีววิทยาของผลิตภัณฑ์ปลาสามเส้นทุกแบบการทดลอง ตรวจไม่พบจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องปลาสาม (มผช. 26/2557)

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2546. เทคโนโลยีของแป้ง, พิมพ์ครั้งที่ 2, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 303 หน้า.
- กองวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2558. การแปรรูปสัตว์น้ำ. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 74 หน้า.
- เกวลิณ หนูฤทธิ. 2563. สถานการณ์การผลิตและการค้าปลานิลและผลิตภัณฑ์ในช่วง 3 เดือนแรก ปี 2563. กลุ่มเศรษฐกิจการประมง, กองนโยบายและยุทธศาสตร์พัฒนาประมง. กรมประมง. แหล่งที่มา http://www4.fisheries.go.th/local/index.php/main/view_blog/1386/77263. 30 มิถุนายน 2563.
- คณิต วิชิตพันธุ์, ลักษณ์า เหล่าไพบูลย์, วิไลศนา โพธิ์ศรี, พัฒนา เหล่าไพบูลย์ และ สุกานดา วิชิตพันธุ์. 2549. การศึกษาวิธีการเก็บรักษาและการบรรจุเพื่อขยายเวลาในการเก็บและคงคุณลักษณะ ปลาสามคุณภาพสูง. คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 83 หน้า.
- นาถสุดา วิศรวงศ์. 2522. การศึกษาจุลชีววิทยาของอาหารพื้นเมือง: ปลาเจ้า ปลาสาม และสามพัก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 156 หน้า
- นงนุช รักสกุลไทย. 2538. กรรมวิธีแปรรูปสัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 135 หน้า.
- พิเชต พลายเพชร. 2559. การจัดการทางโภชนาการสำหรับการเลี้ยงปลานิล. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 24 (1): 12-39.
- พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, จิรวรรณ แยมประยูร และ อมรรัตน สุขโข. 2542. ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตปลาร้า. วารสารการประมง 52 (6): 580-585.
- มีทนา แสงจินดาชัย. 2525. การศึกษาชนิดและปริมาณแบคทีเรียที่พบในเกลือทะเล ซึ่งจำหน่ายในตลาดกรุงเทพ. วารสารอาหาร 14 (1): 51-61.
- มีทนา แสงจินดาชัย. 2545. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 308 หน้า.

- เรื่องลักษณะ จามิกรณ์. 2543. ชีวเคมีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพมหานคร. 408 หน้า.
- ลัดดาวัลล์ ไกรพานนท์. 2550. การดัดแปรสแตร์ชจากข้าวเจ้าด้วยวิธีการให้ความร้อนขึ้นร่วมกับวิธีการทางเคมี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร. 186 หน้า.
- วชิระ บุญประสงค์ และ จันทิมา คล้ายทอง. 2544. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับสุญญากาศและความถ่วงจำเพาะของกระป๋อง, วิชา 212499 โครงการงานวิศวกรรมอาหารภาควิชาวิศวกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 65 หน้า.
- วัชร ตรีตรอง. 2547. การพัฒนากระบวนการผลิตปลาสดโดยการประยุกต์ใช้หลักการ HACCP กรณีศึกษา: ปลาสด OTOP จังหวัดยโสธร. รายงานสัมมนาภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 27 หน้า.
- วิษุฒญา ถาวโรจน์. 2551. การผลิตปลาสดจากปลานิล: การเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ระหว่างการหมัก. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 109 หน้า.
- วิเชียร ลีลาวัชรมาศ. 2534. อาหารจากแลคติกแอซิคแบคทีเรียในประเทศไทย. ใน: การประชุมวิชาการแลคติกแอซิคแบคทีเรียในอุตสาหกรรมอาหารไทย, ครั้งที่ 1 ประจำปี 2534. วันที่ 28-29 ตุลาคม 2534 ณ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. หน้า 5-17.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2545. คู่มือการผลิตผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 99 หน้า.
- สิรินดา ยุ่นฉลาด, สุกานดา วิจิตพันธ์ุ, งามนิจ นนทโส และ พิกุลทอง ขอเพิ่มทรัพย์. 2548. การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์และทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักปลาสดที่เป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักของไทย. วารสารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น 10 (3): 188-198.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2556. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเรื่อง คำชี้แจงกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 349 (พ.ศ. 2556) เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิตและการเก็บรักษาอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทชนิดที่มีความเป็นกรดต่ำ และชนิดที่ปรับกรด. 4 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2550. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ข้าวคั่ว (มผช. 1381/2550). กระทรวงอุตสาหกรรม. 7 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2557. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ปลาสด (มผช. 26/2557). กระทรวงอุตสาหกรรม. 7 หน้า.
- Ana, P. R. S., D. A. Longhi, F. Dalcanton and G. M. F. Aragão. 2018. Modelling the Growth of Lactic Acid Bacteria at Different Temperatures. *Braz Arch Biol.* 61: 1-11.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, Virginia 22201, USA. 1298 p.
- Caplice, E. and G. F. Fitzgerald. 1999. Food Fermentation: Role of Microorganisms in Food Production and Preservation. *Int. J. Food Microbiol.* 50: 131-149.
- FAO. 1995. Bacteriological Analytical Manual, 8th ed. AOAC International. Gaithersburg, MD 20877, USA. pp. 16.01-16.06.
- Farias, M. E., A. P. Aida, D. R. Holgado and F. Sesma. 1994. Bacteriocin Production by Lactic Acid Bacteria Isolated from Regional Cheeses: Inhibition of Foodborne pathogens. *J. Food Prot.* 57 (11): 1013-1015.
- FAO. 1981. The Prevention of Losses in Cured Fish. FAO Fisheries Technical paper No. 291. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 87 pp.

- ISO-15214. 1998. Microbiology of food and animal feeding stuffs–horizontal method for the enumeration of mesophilic lactic acid bacteria–colony count technique at 30 °C. 5 pp.
- Kongkiattikajorn, J. 2015. Potential of Starter Culture to Reduce Biogenic Amines Accumulation in Som-Fug, Thai traditional Fermented Fish Sausage. *J. Ethn. Foods.* 4 (2): 186-194.
- Libretexts. 2020. Vitamin B1 (Thiamine). Available source: [https://med.libretexts.org/Courses/American_River_College/General_Nutrition_Textbook_\(not_Plant-based\)_reference_forNUTRI_303_\(Hagenburger\)/7%3A_Vitamins/7.3%3A_Water_Soluble_Vitamins/Vitamin_B1](https://med.libretexts.org/Courses/American_River_College/General_Nutrition_Textbook_(not_Plant-based)_reference_forNUTRI_303_(Hagenburger)/7%3A_Vitamins/7.3%3A_Water_Soluble_Vitamins/Vitamin_B1). February 23, 2020.
- Monika, Savitri, V. Kumar, A. Kumari, K. Angmo and T. C. Bhalla. 2017. Isolation and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Traditional Pickles of Himachalpradesh, India. *Food Sci. Technol.* 54 (7): 1945-1952.
- Owen, J. D. and L. S. Mendoza. 1985. Enzymatically Hydrolysed and Bacterially Fermented Fishery Products. *J. Technol.* 20: 219-229.
- Pederson, C. S. and M. N. Albury. 1969. The Sauerkraut Fermentation. *Agricultural Gardner Station Bulletin.* 12 (824): 87.
- Phadtare, S. 2004. Recent Developments in Bacterial Cold-Shock Response. *Curr Issues Mol Biol.* 6: 125–136
- Phadtare, S., K. Yamanaka and M. Inouye. 2000. The Cold Shock Response. In The Cold Shock Response. In: Storz G, HenggeAronis R (ed) Bacterial Stress Responses. ASM Press, Washington, DC, USA. pp. 33–45.
- Phithakpol, B., W. Varanyanond, S. Reungmaneeattoon and H. Wood. 1995. The Thai Traditional Fermented Foods of Thailand. Bangkok, Thailand. 157 pp.
- Setyawardani, T., J. Sumarmono and K. Widayaka. 2019. Effect of Cold and Frozen Temperatures on Artisanal Goat Cheese Containing Probiotic Lactic Acid Bacteria Isolates (*Lactobacillus plantarum* TW14 and *Lactobacillus rhamnosus* TW2X). *Veterinary World.* 12(3): 409-417.
- Tanasupawat, S. and K. Komagata. 1995. Lactic Acid Bacteria in Fermented Foods in Thailand. *World J Microb Biot.* 11: 253-256.
- Wood, B. J. B. and W. H. Holzapfel. 1995. The Genera Lactic Acid Bacteria. *Food Sci Nutr.* 414 pp.
- Zayas J. F. 1997. Water Holding Capacity of Proteins. In: Zayas J. F. (ed) Functionality of proteins in food. Springer, Berlin, Heidelberg, New York. pp. 76-133.

ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ปลาต้มเส้น (Hedonic scale)

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ปลาต้มเส้น
(Hedonic scale)ชื่อผู้ทดสอบ.....
วันที่.....

| รหัสตัวอย่าง | ลักษณะปรากฏ | สี | กลิ่น | รสชาติ | ลักษณะเนื้อ | ข้อเสนอแนะ |
|--------------|-------------|----|-------|--------|-------------|------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

หลักเกณฑ์การให้คะแนนผลิตภัณฑ์ปลาต้มเส้น

| ลักษณะที่ตรวจสอบ | เกณฑ์ที่กำหนด | เกณฑ์การให้คะแนน |
|------------------|---|---|
| ลักษณะปรากฏ | ต้องคงสภาพขึ้นของปลา มีส่วนของกระดูกและข้าวสุก ไม่เหลวและ | 9 คะแนน ชอบมากที่สุด 8 คะแนน ชอบมาก 7 คะแนน ชอบปานกลาง |
| สี | สีตามธรรมชาติของปลาต้ม ได้แก่ ขาวเหลือง หรืออาจเป็นสีชมพูอ่อนที่เกิดจากการหมัก | 6 คะแนน ชอบเล็กน้อย 5 คะแนน พอใช้ 4 คะแนน ไม่ชอบเล็กน้อย 3 คะแนน ไม่ชอบปานกลาง |
| กลิ่น | มีกลิ่นเปรี้ยวของปลาและส่วนผสมที่หมักได้ที่ ไม่มีกลิ่นบูด กลิ่นเน่า กลิ่นอับ กลิ่นหืน หรือกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ | 2 คะแนน ไม่ชอบมาก 1 คะแนน ไม่ชอบมากที่สุด |
| รสชาติ | มีรสชาติเค็มกลมกล่อม ตามธรรมชาติของปลาต้มเส้น | |
| ลักษณะเนื้อ | คงสภาพเป็นเส้น ไม่แตกยุ่ย เนื้อแน่น ไม่เละ สัมผัสได้ถึงเส้นใยของเนื้อปลาแต่ไม่แข็งกระด้าง | |

*คะแนนต่ำกว่า 5 คะแนน แสดงว่าไม่ยอมรับทางลักษณะทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ข การทดสอบกลุ่มของแบคทีเรียผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักปลาสดแปรรูปจากวิธีของนาถสุตา (2522)

ตัวอย่าง 50 กรัม เติม Phosphate Buffer 450 มิลลิลิตร ตีปั่นผสมให้เข้ากัน
เจือจางให้ได้ 30-300 โคโลนีต่อกรัม



ถ่ายเชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS + 0.5% CaCO₃



บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 2 วัน

คัดเลือกโคโลนีเดี่ยว เชื้อลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS + 0.5% CaCO₃



บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 2 วัน

ถ่ายเชื้อลงบน MRS Slant



บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 2 วัน

ถ่ายเชื้อลงบน Nutrient Broth



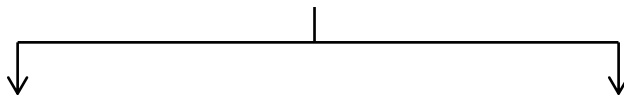
บ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 1 วัน

ถ่ายเชื้อลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ประกอบด้วย เจลลาติน 12%
กลูโคส 5% ยีสต์กัต 0.25% และน้ำมะเขือเทศ 10% และปิดทับหน้าด้วยวุ้น 3%



บ่มที่อุณหภูมิห้อง 14 วัน

สังเกตการเกิดก๊าซได้วุ้น



มีก๊าซ: กลุ่มแบคทีเรีย
เฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ

ไม่มีก๊าซ: กลุ่มแบคทีเรีย
โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลการทดสอบทางชีวเคมี (biochemical test) ของปลาสมเส้นทั้ง 3 สูตร ที่หมักเป็นเวลา 3 วัน

| สูตร | ลักษณะ | | การสร้างก๊าซ | การเจริญที่อุณหภูมิ (°C) | | | ทนเกลือร้อยละ | | | catalase | pH | | MRVP | แหล่งคาร์โบไฮเดรตในการสร้างกรด | | | | | | | | แบคทีเรียผลิตภัณฑ์กรดแลคติก | จำนวน (ไอโซเลท) | |
|------|---------|--------|--------------|--------------------------|----|----|---------------|---|----|----------|-----|-----|------|--------------------------------|-----------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------------------------|----------------------------------|---------|
| | รูปร่าง | สีแกรม | | 25 | 37 | 45 | 3 | 5 | 10 | | 4.5 | 8.6 | | Glucose | Melibiose | Raffinos | Sucrose | Arabinos | Lactose | Maltose | Fructose | | | Dextrin |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PA | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Pediococcus pentosaceus</i> | 49 |
| | SR | + | + | + | - | - | + | - | - | - | + | + | -/- | + | + | + | + | + | + | + | + | - | <i>Lactobacillus brevis</i> | 15 |
| | SR | + | - | + | + | - | + | + | - | - | + | + | +/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Lactobacillus plantarum</i> | 20 |
| | SR | + | + | + | + | + | + | + | - | - | + | - | -/- | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Lactobacillus fermentum</i> | 3 |
| | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | - | - | - | + | - | - | + | + | <i>Pediococcus sp.</i> | 3 |
| PB | C | + | + | + | + | - | + | + | - | - | + | + | +/+ | + | - | + | + | - | + | + | + | + | <i>Leuconostoc mesenteroides</i> | 18 |
| | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Pediococcus pentosaceus</i> | 53 |
| | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | - | - | - | + | - | - | + | + | <i>Pediococcus sp.</i> | 5 |
| | R | + | - | + | + | - | + | + | - | - | + | + | +/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Lactobacillus plantarum</i> | 14 |
| PC | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | - | - | - | + | - | - | + | + | <i>Pediococcus sp.</i> | 3 |
| | SR | + | - | + | + | - | + | + | - | - | + | + | +/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Lactobacillus plantarum</i> | 11 |
| | C | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/+ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Pediococcus pentosaceus</i> | 72 |
| | SR | + | - | + | + | + | + | + | + | - | + | + | -/- | + | - | - | - | - | - | + | + | - | <i>Lactobacillus farciminis</i> | 3 |
| | R | + | - | + | + | + | + | + | - | - | + | + | -/- | + | + | + | + | - | - | + | + | + | <i>Lactobacillus pentosus</i> | 1 |

PA: ปลาสมเส้นข้าวเจ้า, PB: ปลาสมเส้นข้าวเหนียว, PC: ปลาสมเส้นข้าวควั

C: Cocci; R: Rod; SR: Short Rod