

บทคัดย่อ

การเข้าเยี่ยมชมแหล่งผลิตปลาสามที่มีชื่อเสียงในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวม 11 แห่ง พบว่าปลาที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลาสาม แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ปลาสามที่ผลิตจากปลาตะเพียน และปลาสามที่ไม่ได้ผลิตจากปลาตะเพียน ได้แก่ ปลานวลจันทร์ ปลาจีน และปลายี่สก ส่วนขั้นตอนการผลิตในการหมักปลาสามตัวประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการเตรียมปลา ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสม คือ กระเทียมและข้าวเจ้าหรือข้าวเหนียวสุก ขั้นตอนการผสมปลากับส่วนผสม และขั้นตอนการบรรจุและการหมัก ในส่วนของสูตรส่วนผสมประกอบด้วย 4 ส่วนผสมหลัก คือ ปลา กระเทียม เกลือ และข้าวสุก ในอัตราส่วนร้อยละ 58.32-84.04, 4.20-29.15, 0.76-6.67 และ 6.67-15.75 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จากการศึกษาคุณภาพทางเคมีของปลาสาม 17 ตัวอย่าง ร่วมกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิมที่ได้รับการฝึกฝนจำนวน 13 ตัวอย่าง พบว่าปลาสามที่ได้รับ การยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคสูงมีค่าความเป็นกรด-ด่างช่วง 4.46-4.85 ปริมาณกรด ทั้งหมดในรูปกรดแล็กติก (ฐานเปียก) ช่วงร้อยละ 0.82-1.44 โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณเกลือ (ฐานเปียก) ไม่เกินร้อยละ 4.00 โดยน้ำหนัก การศึกษาทางจุลชีววิทยาของตัวอย่างปลาสามที่มีอายุหมัก 3 วัน จำนวน 17 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตที่มีชื่อเสียง 16 แห่ง พบว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.8228 ถึง 8.7202 logCFU/กรัม และยีสต์และราอยู่ในช่วง 4.3010 ถึง 8.1931 logCFU/กรัม ตัวอย่างปลาสามร้อยละ 88 ที่พบการปนเปื้อนของ Coliform bacteria (Coliforms) ซึ่งมีค่า MPN ในช่วง 9 ถึง >1100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตัวอย่างร้อยละ 77 พบการปนเปื้อนของ *Escherichia coli* เมื่อตรวจสอบในขั้นยืนยันผลและวิเคราะห์ชนิดพบว่าคือ *E. coli*, *Enterobacter* sp. (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Enterobacter aerogenes* และ *Enterobacter cloacae*), *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella* sp. และ *Citrobacter* sp. และพบแบคทีเรียแกรมลบชนิดอื่นอีกคือ *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia* sp. และ *Serratia* sp. ผลการตรวจหา *Salmonella* spp. ที่ปนเปื้อนในตัวอย่างปลาสาม พบตัวอย่างปลาสามร้อยละ 24 ให้ผลบวกของการทดสอบขั้นต้น แต่เมื่อทดสอบในขั้นยืนยันและวิเคราะห์ชนิดของแบคทีเรียพบว่าเป็น *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella* sp., *Pantoea* sp. และ *Proteus mirabilis* ส่วน *Staphylococcus aureus* พบปนเปื้อนในตัวอย่างปลาสามร้อยละ 59 มีทั้ง *S. aureus*, *S. caprae*, *S. haemolyticus*, *S. sciuri*, *S. xylosus*, *S. simulans* และพบ *Micrococcus* sp. สำหรับการตรวจหาจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการหมักปลาสามในกลุ่มแบคทีเรียกรดแล็กติก พบปริมาณในช่วง 6.5966 ถึง 8.7364 logCFU/กรัม ซึ่งชนิดที่พบเด่นคือ *Lactobacillus brevis*, *Weissella confusa* (*Lactobacillus coprophilus*), *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* (*Leuconostoc*

mesenteroides subsp. *mesenteroides*/ *dextranicum* 2), *Pediococcus pentosaceus* และ *Pediococcus damnosus*

การศึกษาและพัฒนากรรมวิธีการผลิตปลาซึ่มในห้องปฏิบัติการให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตามที่ผู้บริโภคต้องการ ได้พัฒนาสูตรส่วนผสมที่ประกอบด้วยพลาสติก กลีออนามัย กระเทียม และข้าวเจ้าสุกในปริมาณ 2.00, 0.15, 0.20 และ 0.40 กิโลกรัม ตามลำดับ ทำให้ได้ปลาซึ่มที่มีคุณลักษณะด้านรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัสที่ดีที่สุด และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ทั้งที่หมักอุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส และพบว่าปลาตะเพียน ปลานวลจันทร์ และปลาสวายเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการหมักปลาซึ่มด้วยสูตรส่วนผสมที่เหมาะสมข้างต้น เมื่อใช้เวลาหมัก 3 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นได้พัฒนาสูตรกล้าเชื้อแบคทีเรียกรดแล็กติกสำหรับกระบวนการหมักปลาซึ่ม โดยทดลองใช้กล้าเชื้อเดี่ยวของแบคทีเรียกรดแล็กติกชนิดเด่นที่แยกได้จำนวน 28 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์เฉพาะของ *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactococcus lactis* ให้ผลผลิตปลาซึ่มที่มีแนวโน้มในทางที่มีคุณภาพดี จึงได้พัฒนาสูตรกล้าเชื้อผสมและสามารถสรุปสูตรที่เหมาะสมได้ 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 ประกอบด้วยสายพันธุ์เฉพาะของ *Lactobacillus plantarum* และ *Pediococcus pentosaceus* สูตรที่ 2 ประกอบด้วย *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Leuconostoc mesenteroides* สูตรที่ 3 ประกอบด้วย *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides* และ *Lactobacillus brevis* และสูตรที่ 4 ประกอบด้วย *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Lactococcus lactis* ที่ให้ผลิตภัณฑ์ปลาซึ่มที่ผู้บริโภคยอมรับตั้งแต่หมักได้ 2 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และพบการปนเปื้อนของ Coliforms และ *E. coli* น้อยกว่าอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับปลาซึ่มที่หมักโดยอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติ และไม่พบการปนเปื้อนทั้ง *Salmonella* spp. และ *S. aureus*

การศึกษาระบวนการให้ความร้อนและความดันสูงที่มีผลต่อก้างฝอยของปลาตะเพียนในระบบจำลองพบว่าระยะเวลาการให้ความร้อนและความดันที่เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงมีผลให้ก้างปลาเกิดความสึกกร่อนมากขึ้น ในขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของเกลือกลับช่วยลดความสึกกร่อนและเสียหายของก้างปลาได้ เมื่อนำปลาซึ่มทอดไปบรรจุกระป๋องและผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความดันสูงที่ 121 องศาเซลเซียส และความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนาน 45, 60 และ 75 นาที เพื่อสลายก้าง พบว่าปลา ข้าว และกระเทียมมีน้ำตาลเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ให้ความร้อนและความดันเพิ่มขึ้น ในขณะที่คุณภาพทางเคมีของปลาซึ่มที่ทอดหลังผ่านกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยปลาซึ่มทอดบรรจุกระป๋องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนและความดันสูงนาน 45 นาที ได้คะแนนความยอมรับโดยรวมสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับปลาซึ่มทอดที่ไม่ผ่าน และผ่านกระบวนการสลายก้างนาน 60 และ 75 นาที จากการทดสอบความยอมรับรวมของผลิตภัณฑ์ปลาซึ่มสำเร็จรูปพร้อมรับประทานที่ผลิตจากปลาซึ่ม ปลาตะเพียนที่หมักด้วยกล้าเชื้อผสมของแบคทีเรียกรดแล็กติก จำนวน 2 สูตร (SUT1 และ SUT2) และหมักโดยไม่เติมกล้าเชื้อ (Control) เป็นเวลา 2 วัน โดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับปลาสามก้านนี้พร้อมรับประทานที่ผลิตจากการหมักปลาตะเพียนด้วยกล้าเชื้อ SUT1 และ SUT2 สูงกว่าปลาสามก้านที่หมักโดยไม่เติมกล้าเชื้อ (Control) อายุการเก็บของปลาสามก้านสำเร็จรูปพร้อมรับประทานที่บรรจุกระป๋อง ด้วยวิธี Accelerated Shelf life Testing (ASLT) โดยใช้การวัดความหืนจากค่า TBA ไม่เกิน 2.33 mg/MDA kg ร่วมกับคุณภาพทางประสาทสัมผัสและคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่าการเก็บปลาสามก้านสำเร็จรูปพร้อมรับประทานที่อุณหภูมิ 4, 25, 35 และ 45 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บ 82.3, 64.2, 39.5 และ 24.0 สัปดาห์ ตามลำดับ

Abstract

Having visited 11 well-known pla-som production sites in the northern, the central, and the northeastern regions in Thailand, it was clear that two types of fish were used as raw materials in pla-som production; common silver barb (*Puntius gonionotus*) and non-silver barb such as small scale mud carp (*Cirrhina microlepis*), silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), and rohu (*Labeo rohita*). Surveyed processes of pla-som production had four important steps-cleaning of fish, ingredients preparation (garlic and cooked rice or sticky rice), mixing of fish and ingredients, and packing and fermentation. Typical chemical compositions for the surveyed pla-som were 58.32-84.04% fish, 4.20-29.15% garlic, 0.76-6.67% salt, and 6.67-15.75% cooked rice by weight. Based on chemical analysis of 17 samples and sensory test of 13 samples by trained panelists, pla-som that was regarded as highly acceptable had pH in the range of 4.46-4.85, acidity as lactic acid from 0.82-1.44% and no more than 4% of salt. For the microbiological investigation of 17 pla-som samples fermented for 3 days and collected from 16 well-known production sources in Thailand, it was found that the average numbers total viable counts, and yeasts and molds were in the range of 6.8228 to 8.7202 and 4.3010 to 8.1931 logCFU/g, respectively. Plaa-som samples in the proportion of 88% were contaminated with coliform bacteria (coliforms) at the MPN values of 9 to >1100 per g of sample, and 77% with *Escherichia coli*. When the positive presumptive test for coliforms were confirmed, and pure isolates were identified, *E. coli*, *Enterobacter* sp. (particularly *Enterobacter aerogenes* and *Enterobacter cloacae*), *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella* sp. and *Citrobacter* sp. as well as other Gram-negative bacteria belonging to *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Erwinia* sp. and *Serratia* sp. were detected. For the preliminary detection of *Salmonella* spp., plaa-som samples in the proportion of 24% give positive results, but selected bacterial isolates from the positive results were confirmed as species of other genera belonging to *Citrobacter freundii*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella* sp., *Pantoea* sp. and *Proteus mirabilis*. *Staphylococcus aureus* were also detected in 59% of plaa-som samples. Other bacterial species including *S. caprae*, *S. haemolyticus*, *S. sciuri*, *S. xylosum*, *S. simulans* and *Micrococcus* sp., were also detected from the *S. aureus* detection step. Lactic acid bacteria, the bacterial group having been reported to play important roles for plaa-som fermentation, were detected at high density (6.5966-8.7364 logCFU/g). The dominant lactic acid bacterial isolates found were identified as *Lactobacillus brevis*, *Weissella confusa* (*Lactobacillus coprophilus*), *Lactobacillus*

plantarum, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* (*Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides/dextranicum* 2), *Pediococcus pentosaceus*, and *Pediococcus damnosus*.

To obtain the plaa-som product coping with the consumer desire, optimal conditions for fermentation process were investigated. Ingredients: sanitary salt, garlic, and cooked rice (0.15, 0.20 and 0.40 kg respectively) added to 2 kg of fresh fish with incubating at both 25 and 30°C, could provide the best quality of plaa-som according to its chemical, physical, and sensory qualities. Three fresh fish varieties: common silver barb (*Puntius gonionotus*, small scale mud carp (*Cirrhina microlepis*), and striped catfish (*Pangasius sutchi*), were found to be the suitable raw materials for plaa-som production using the ingredients optimized with incubating at 30°C for 3 days. Plaa-som prepared by inoculating the single starter culture selected from 28 dominant isolates of different strains of lactic acid bacteria obtained were performed. Specific strains of *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides*, and *Lactococcus lactis* provided the tendency of high plaa-som quality. Mixed starter cultures were then developed. Four formulas of mixed lactic acid bacterial cultures were found to be suitable for plaa-som production. These formulas consisted of (1) specific strains of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus pentosaceus*; (2) specific strains of *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* and *Leuconostoc mesenteroides*; (3) specific strains of *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus brevis*; and (4) specific strains of *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* and *Lactococcus lactis*. The starter cultures could reduce fermentation time from 3 to 2 days, and obviously reduce the numbers of coliforms and *E. coli* contaminated in the fermented fish products compared to the product without starter culture inoculation. None of *Salmonella* spp. and *S. aureus* were also detected in the fermented products.

Study of the influence of high pressure and heat on fish bone strength of common silver bard suggested that long time and high heat in combination of low pH reduce the strength of intermuscular bone, ribs, and vertebrae significantly. However, high concentration of salt maintained the structure of the bone. Deep-fried pla-som that had been cooked at 121°C and under pressure at 15 lb/in² for 45, 60, and 75 minutes to disintegrate the bone showed darker browning as the cooking time increased. However, little has changed on chemical properties. Using deep-fried pla-som without high pressure cooking as a control, the sample cooked for 45 minutes received highest score in sensory test. Pla-som fermented with bacterial culture SUT1 and SUT2 for 2 days also received higher score from 50 untrained people than the one fermented with indigenous culture. According to accelerated shelf life testing (ASLT) method, deep-fried pla-som packed in metal cans kept at 4, 25, 35, and 45°C had

shelf-life of 82.3, 64.2, 39.5, and 24.0 weeks, respectively. The criteria used as a shelf-life cut off was rancidity measured in TBA value not greater than 2.33 mg/MDA kg in conjunction with overall sensory scores and microbiological test.