

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาสดในระหว่างการหมักร่วมกับ โปรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ที่ระดับแตกต่างกัน

พิทยา ใจคำ¹* รชนี แก้วจินดา¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคูณลักษณะของผลิตภัณฑ์ปลาสดที่ผ่านการหมักร่วมกับโปรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ที่ระดับต่าง ๆ (2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก) เปรียบเทียบกับปลาสดที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ (ชุดควบคุม) โดยวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ ด้านเคมี ด้านจุลชีววิทยา และการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองพบว่า เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ของตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าสี a^* (ค่าความเป็นสีแดง) มีค่าลดลง โดยที่ปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี L^* สูงกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าสี a^* มีค่าต่ำที่สุด ส่วนค่าสี b^* มีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมด เมื่อพิจารณาปริมาณสารไบโอเจนิกเอมีนในตัวอย่างปลาสด พบว่า ปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 มีปริมาณสารไบโอเจนิกเอมีนทุกชนิดต่ำกว่าปลาสดที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังพบว่า ตัวอย่างปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ทุกระดับมีคุณภาพด้านจุลชีววิทยาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับปลาสด (มพช. 26/2557) จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาสดดิบและปลาสดทอด พบว่า คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างทุกชุดการทดลองอยู่ในช่วง 7 ถึง 8 คะแนน และปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2-6 เปอร์เซ็นต์ ได้การคะแนนการยอมรับสูงสุด ดังนั้นการหมักปลาสดร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัย และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

คำสำคัญ : ปลาสด โปรไบโอติก ความปลอดภัย การยอมรับ

¹ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: pittaya.chaikham@gmail.com

QUALITY CHANGES OF PLAA-SOM DURING FERMENTATION ALONG WITH DIFFERENCE LEVELS OF PROBIOTIC *LACTOBACILLUS CASEI* 01

Pittaya Chaikham^{1*} Ruchanee Kaewjinda¹

Abstract

This research was to study the characteristics of *Plaa-som* products as fermented with probiotic *Lactobacillus casei* 01 at different levels (2%, 4%, 6% and 8%, v/w) and compared to conventional fermented *Plaa-som* (control). Physicochemical, microbiological and consumer acceptance of the products were investigated. Results showed that, during incubation at 37°C for 3 days, the L^* (brightness) and b^* (yellowish) values of all samples were trended to increase, while the reduction of a^* (redness) values was observed. *Plaa-som* inoculated with 8% *L. casei* 01 found to have the significant higher in the L^* and lesser in the a^* than other samples, whereas the b^* displayed insignificance. The lowest pH was found in *Plaa-som* inoculated with 8% *L. casei* 01, which was accorded with the increase of total acidity. Considering the biogenic amines, all *Plaa-som* inoculated with *L. casei* 01 contained biogenic amines lower than the conventional fermented *Plaa-som*, in particular *Plaa-som* inoculated with 6% and 8% *L. casei* 01. In addition, the microbiological qualities of the samples that inoculated with *L. casei* 01 were complied with the limits of the Thai Community Product Standard for *Plaa-som* (TCPS No. 26/2014). For sensory evaluation, the liking scores of all uncooked and fried samples' attributes were ranged from 7 to 8 points. *Plaa-som* inoculated with 2-6% *L. casei* 01 showed higher in acceptance scores. Therefore, the optimal level of *L. casei* 01 for *Plaa-som* production was 6%, since the final product was harmless and accepted by consumers.

Keywords : *Plaa-som*, probiotic, harmless, acceptability

¹ Lecturer in Division of Food Science and Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya province

* Corresponding author, e-mail: pittaya.chaikham@gmail.com

บทนำ

อาหารหมักเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการผลิต ด้วยคุณสมบัติของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ อะไมเลส โปรติเอส และไลเปส โดยเอนไซม์เหล่านี้จะทำการย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ โปรตีน และไขมัน ก่อให้เกิดกลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ต่างไปจากเดิม แต่ยังเป็นที่ยอมรับหรือต้องการของผู้บริโภค อาหารหมักเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านที่แต่ละประเทศมีมาแต่โบราณ โดยอาศัยจุลินทรีย์จากธรรมชาติที่ติดมากับวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้มักมีคุณภาพไม่แน่นอน และเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมักอาจเป็นโทษต่อผู้บริโภคได้ (สิรินดา และคณะ, 2548; Onsurathum et al., 2016) ปลาหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาที่ผ่านกรรมวิธีการหมักด้วยเกลือ ข้าวสวยหรือข้าวเหนียวหนึ่ง และกระเทียม บรรจุในภาชนะปิดสนิท ทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องปกตินาน 5-7 วัน จนกระทั่งผลิตภัณฑ์มีรสเปรี้ยวที่พอเหมาะ โดยจะต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำกว่า 4.5 อาจทำมาจากปลาทั้งตัวหรือเฉพาะเนื้อปลาก็ได้ ปลาหมักส่วนมากจะแปรรูปจากปลาน้ำจืด เช่น ปลาตะเพียน ปลาทับทิม ปลานิล เป็นต้น ชนิดของปลาหมักนั้นแบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 26/2546) ได้แก่ ปลาหมักตัวเป็นปลาหมักที่ทำจากปลาทั้งตัวที่ผ่านการผ่าท้องและควักไส้ออกแล้ว ปลาหมักชิ้นเป็นปลาหมักที่ทำจากเนื้อปลาที่ผ่านการหั่นเป็นชิ้นตามขวางของลำตัวปลา ปลาหมักเส้นเป็นปลาหมักที่ทำจากเนื้อปลาที่ผ่านการหั่นเป็นเส้น และปลาหมักฟักหรือแหยมปลาเป็นปลาหมักที่ทำจากเนื้อปลาที่ผ่านการบดหรือการสับ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) ปลาหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคอย่างมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางบางจังหวัด ลักษณะของปลาหมักที่ดีมีมาตรฐาน และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค คือ เนื้อปลาแข็ง ไม่ยุ่ย มีสีชมพู หรือสีขาว มีกลิ่นกระเทียม และกลิ่นเปรี้ยวอ่อนเล็กน้อย ขึ้นปลาสมบูรณ์ไม่แยกจากกัน ข้าวบนตัวปลาบานออก และแยกเป็นเม็ดเต็มอยู่บนตัวปลา ส่วนปลาหมักที่มีลักษณะไม่ดีและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ น้ำหมักปลา มีสีขาวขุ่น มีฟอง มีกลิ่นเหม็น เนื้อปลาและข้าวมีกลิ่นบูดเป็นต้น (สิรินดา และคณะ, 2548; ชยากานต์ และคณะ, 2552; สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557; ทิพย์กมล และอุไรวรรณ, 2559)

ผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่ดีต้องมีความเปรี้ยวที่พอเหมาะกับการบริโภค ซึ่งความเปรี้ยวของปลาหมักนั้นมาจากกิจกรรมการหมักจากจุลินทรีย์ที่มีสมบัติเฉพาะตัวในการเปลี่ยนรูปกลูโคสที่ได้มาจากการย่อยของส่วนผสมที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดแลคติก กรดอะซิติก หรือกรดซิตริกเป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่าแบคทีเรียกรดแลคติก (lactic acid bacteria) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่รู้จักกันดีว่าเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ชนิดแบคทีเรียที่มีความปลอดภัย โดยแบคทีเรียกรดแลคติกบางสายพันธุ์อาจจะมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (probiotics) และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (Kalac et al., 2000; Kongkiattikajorn, 2015) กรดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการหมักของแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่างของเนื้อปลาลดลงจนไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ที่มีปะปนมากับวัตถุดิบ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตปลาหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรค นอกจากนั้นยังทำให้เนื้อสัมผัสของปลาแน่นขึ้น ไม่ยุ่ย และรับประทานได้อย่างปลอดภัยหลังทำให้สุก (Jittrepotch et al., 2015; Onsurathum et al., 2016)

โพรไบโอติก หมายถึง แบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของมนุษย์ ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แบคทีเรียในจีนัส *Lactobacillus* และ *Bifidobacterium* โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะพบในผลิตภัณฑ์อาหารหมักหลายชนิด เช่น นมเปรี้ยว แหนม ปลาซึ่ม กิมจิ ประโยชน์ของโพรไบโอติกมีการศึกษาอย่างมากมาย โดยพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้จะผลิตกรดแลคติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) เช่น *Clostridium perfringens* และ *Salmonella* sp. เป็นต้น ช่วยลดระดับของคอเลสเตอรอล ฟอสฟอลิพิด และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด โดยจะช่วยย่อยสลายคอเลสเตอรอล และยับยั้งการดูดซึมคอเลสเตอรอลผ่านผนังลำไส้ ช่วยในการทำงานของลำไส้ ลดอาการท้องผูกได้ เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น จะกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ และช่วยเพิ่มความชื้นของอุจจาระ ทำให้สามารถขับถ่ายได้สะดวกมากขึ้น และช่วยเพิ่มการดูดซึมแคลเซียมในระบบย่อยอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถผลิตวิตามินต่าง ๆ เช่น Vitamin B₁, Vitamin B₂, vitamin B₆, Vitamin B₁₂, biotin และ folic acid ได้ (Leroy and De Vuyst, 2004; Nanasombat et al., 2012; Sanders et al., 2013) นอกจากนั้นจากรายงานวิจัยของ Kongkiattikajorn (2015) พบว่า การหมักแหนมปลา (ส้มผัก) ด้วย *Lactobacillus sakei* KM5474 และ *Lactobacillus plantarum* KM1450 สามารถช่วยลดปริมาณสารไบโอเจนิคเอมีน (biogenic amines) ได้แก่ cadaverine, putrescine, histamine, tryptamine, phenylethylamine และ tyramine ในผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ ด้านจุลชีววิทยา และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาซึ่มที่ผ่านการหมักร่วมกับโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพกับปลาซึ่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ ด้านจุลชีววิทยา และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ปลาซึ่มที่ผ่านการหมักร่วมกับโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 โดยเปรียบเทียบกับปลาซึ่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมโพรไบโอติก

นำเซลล์โพรไบโอติก *L. casei* 01 (Chr. Hansen, Denmark) ที่เก็บไว้ในรูปแช่แข็ง (stocked culture) มาทำการเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS both และแยกเซลล์ออกมาโดยวิธีการปั่นเหวี่ยง ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Chaikham (2015) จากนั้นนำเซลล์ที่ปั่นเหวี่ยงได้มาทำการเจือจางโดยใช้สารละลายฟอสเฟต (น้ำเกลือ) ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่ผ่านการสเตอริไลซ์แล้ว ให้มีความเข้มข้นของเซลล์ประมาณ 10^{10} CFU/ml และอุ่นให้มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปคลุกเคล้ากับส่วนผสมของปลาซึ่ม

2. การผลิตปลาซึ่ม

นำปลาตะเพียนขนาดประมาณ 300 กรัมต่อตัว มาทำการขอดเกล็ด ควักไส้ออกให้หมดแล้ว บั้งปลา 4-5 บั้ง จากนั้นทำความสะอาดแล้วล้างผิวกว้างให้สะอาด น้ำทำการผลิตปลาซึ่มโดยใช้ตะเพียน 600 กรัม เกลือ 50 กรัม ข้าวหอมมะลิ 105 หุงสุก 60 กรัม และกระเทียม 50 กรัม เติมน้ำตาลเจือจาง

ของ *L. casei* 01 ลงไปในส่วนผสมที่ระดับ 2, 4, 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนบรรจุลงในถุงชนิดลามิเนทภายใต้สภาวะสุญญากาศ จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เก็บตัวอย่างทุก ๆ วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ

3. การวิเคราะห์คุณภาพด้านกายภาพ

นำตัวอย่างปลาสดมาวิเคราะห์หาค่าสี L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าความเป็นสีแดง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ด้วยเครื่องวัดสี (Miniscan XP plus, Hunter Lab, USA) และวิเคราะห์หาค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (CT3 10K, Brookfield, USA) โดยใช้หัววัด TA-56 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร

4. การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมี

ทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (PH100, Extech, USA) และวิเคราะห์หาปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกด้วยวิธีไตโตรไท (total titratable acidity, TTA) ของตัวอย่างทั้งหมดในระยะเวลาต่าง ๆ ตามวิธีของ AOAC (2000) นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์หาปริมาณ TCA-soluble peptides และค่า TBARS ด้วยเครื่อง UV WINLAB spectrophotometer (Perkin Elmer, USA) ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Riebroy et al. (2004) รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณสารไบโอเจนิคเอมีน 5 ชนิด ได้แก่ tryptamine, putrescine, cadaverine, histamine และ tyramine ด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (CL-10 ADVP, Shimadzu, Japan) ตามวิธีที่อ้างอิงในงานวิจัยของ Kongkiattikajorn (2015)

5. การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยา

วิเคราะห์หาจำนวนแบคทีเรียก่อโรค และแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีชี้วัดในเรื่องความปลอดภัย และสุขลักษณะที่ดีในการผลิตของปลาสด ได้แก่ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *C. perfringens*, *Escherichia coli* ยีสต์ และรา ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (US Food and Drug Administration, 2001) ซึ่งระบุไว้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสด (มพช. 26/2557) ตามประกาศของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2557)

6. การทดสอบทางประสาทสัมผัส

นำตัวอย่างปลาสดและปลาสดทอดมาทดสอบคุณลักษณะต่าง ๆ โดยใช้ผู้บริโภครวม 50 คน โดยให้คะแนนความชอบตามวิธี 9-point hedonic scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 คือ เฉย ๆ และคะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด

7. การวางแผนการทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์คุณภาพด้านเคมีกายภาพ และด้านจุลชีววิทยาวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ส่วนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0 (SPSS Inc., USA)

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพทางกายภาพของปลาสดที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติเปรียบเทียบกับปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ซึ่งพบว่า ค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) ของตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกันในช่วงของการหมัก โดยตัวอย่างทั้งหมดจะมีค่าสี L^* อยู่ในช่วง 51.29-54.64, 68.87-76.30, 70.33-76.06 และ 72.68-78.08 ในวันที่ 0, 1, 2 และ 3 ของการหมักตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างที่ผ่านการหมักครบ 3 วัน พบว่า ปลาสดที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ (ชุดควบคุม) กับปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ มีค่า L^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปลาสดชุดการทดลองอื่น เมื่อวิเคราะห์ค่าสี a^* (ค่าความเป็นสีแดง) พบว่า ปลาสดทุกชุดการทดลองมีค่าสี a^* ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับชุดควบคุม ส่วนปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 และ 6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสี a^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับชุดตัวอย่างควบคุม และจากการวิเคราะห์ค่าสี b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) พบว่า ปลาสดทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นในช่วงของการหมัก โดยวันที่ 0 และ 3 ของการหมักตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีค่าสี b^* อยู่ในช่วง 11.10-11.58 และ 14.91-15.48 ตามลำดับ โดยพบว่าเมื่อหมักครบ 3 วัน ปลาสดทั้ง 5 ชุดการทดลองมีค่าสี b^* ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของปลาสด (มพข. 26/2557) ได้ระบุไว้ว่าผลิตภัณฑ์ปลาสดที่ผลิตขึ้นจะมีสีตามธรรมชาติของปลาสดแต่ละประเภท ไม่มีสีคล้ำ หรือสีผิดปกติ และไม่พบการเจือสีสังเคราะห์ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) จากรายงานของปรมาภรณ์ และคณะ (2554) ซึ่งวิเคราะห์คุณภาพของแหนมเนื้อโคโดยใช้เชื้อ *Lactobacillus lactis* ssp. *lactis* P2 และ Sb2 เป็นกล่าเชื้อในการหมักแหนม พบว่า ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นในระหว่างการหมักมีผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของแหนมมีค่ามากขึ้น จึงทำให้แหนมมีสีซีดมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในตัวอย่างปลาสดจากงานวิจัยนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของปลาซั้มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาในการ หมัก (วัน)	ค่าสี			ค่าความแน่น เนื้อ (กรัม)
		<i>L</i> [*]	<i>a</i> [*]	<i>b</i> [*]	
0	0	51.29±0.42 ^h	2.85±0.18 ^a	11.29±0.48 ^{fg}	34.83±3.43 ^a
	1	68.87±1.06 ^f	2.70±0.09 ^{ab}	14.50±0.54 ^b	18.00 ± 2.28 ^b
	2	70.33±2.36 ^{ef}	2.15±0.10 ^c	14.84±0.54 ^{ab}	13.17±1.17 ^c
	3	72.68±1.38 ^{de}	1.92±0.11 ^{cd}	15.44±0.32 ^a	8.67±0.52 ^d
2	0	52.34±1.83 ^{gh}	2.89±0.37 ^a	11.27±0.53 ^{fg}	34.67±1.63 ^a
	1	74.06±2.74 ^{cd}	2.51±0.16 ^b	13.51±0.20 ^c	17.33±1.86 ^b
	2	75.04±2.64 ^{cd}	1.89±0.14 ^{cde}	11.99±0.55 ^{ef}	13.67±1.03 ^c
	3	74.39±1.82 ^{bcd}	1.77±0.13 ^{def}	14.91±0.74 ^{ab}	7.17±0.75 ^{de}
4	0	53.29±1.54 ^{gh}	2.88±0.15 ^a	11.10±0.62 ^g	34.50±2.17 ^a
	1	74.24±1.15 ^{cd}	2.56±0.22 ^b	13.08±0.95 ^{cd}	17.50±1.05 ^b
	2	74.72±2.12 ^{bcd}	1.92±0.23 ^{cd}	12.47±0.33 ^{de}	13.33±1.03 ^c
	3	75.02±2.61 ^{bcd}	1.62±0.19 ^{ef}	14.95±0.34 ^{ab}	7.00±1.26 ^{de}
6	0	54.64±1.78 ^g	2.86±0.17 ^a	11.54±0.75 ^{fg}	34.33±2.58 ^a
	1	76.30±1.44 ^{abc}	2.52±0.34 ^b	13.31±1.66 ^c	16.67±1.21 ^b
	2	74.56±3.12 ^{bcd}	1.84±0.30 ^{def}	11.71±0.36 ^{fg}	12.50±1.22 ^c
	3	77.31±3.60 ^{ab}	1.63±0.27 ^{def}	15.48±0.33 ^a	6.83±0.75 ^{de}
8	0	53.55±0.01 ^{gh}	2.83±0.34 ^a	11.58±0.95 ^{fg}	34.50±4.42 ^a
	1	76.06±2.32 ^{bc}	2.42±0.36 ^b	13.01±0.38 ^{cd}	16.83±1.94 ^b
	2	76.06±2.32 ^{abc}	1.88±0.09 ^{cde}	11.83±0.27 ^{fg}	12.67±1.21 ^c
	3	78.08±3.40 ^a	1.58±0.10 ^f	15.10±0.80 ^{ab}	6.17±0.41 ^e

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ($P \leq 0.05$)

ลักษณะปรากฏของปลาซั้มที่มีคุณภาพดี ภายนอกต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อย สะอาด อาจมีน้ำซึมได้เล็กน้อย ยังคงสภาพเป็นตัวปลา เนื้อแน่น และไม่เปื่อยยุ่ย (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) จากการวิเคราะห์ค่าความแน่นเนื้อของปลาซั้มทุกชุดการทดลอง พบว่าในวันแรก (วันที่ 0) ตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 38.83-34.33 กรัม และพบว่า ค่าความแน่นเนื้อของตัวอย่างปลาซั้มมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 16.67-18.00, 12.50-13.67 และ 6.17-8.67 กรัม ในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมักตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปลาซั้มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ (ชุดควบคุม) กับปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2-6 เปอร์เซนต์ จะเห็นได้ว่าในวันสุดท้ายของการหมักตัวอย่างปลาซั้มทั้ง 4 ชุด

การทดลองมีค่าความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ๆ (ตารางที่ 1) เนื่องจากฤทธิ์ที่เป็นกรดส่งผลต่อความนุ่มของเนื้อสัตว์โดยช่วยสลายโครงสร้างของโปรตีนภายในเนื้อสัตว์ จึงทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มขึ้น (Kongkiattikajorn, 2015)

ตารางที่ 2 คุณภาพทางเคมีของปลาซั่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาในการ หมัก (วัน)	pH	TTA (เปอร์เซ็นต์)	TCA-soluble peptides (μM tyrosine/g)	TBARS (mg MDA/kg)
0	0	6.23 $\pm$ 0.05 ^a	0.27 $\pm$ 0.02 ^k	0.92 $\pm$ 0.07 ^h	2.84 $\pm$ 0.31 ^f
	1	5.32 $\pm$ 0.02 ^d	1.30 $\pm$ 0.19 ⁱ	2.83 $\pm$ 0.25 ^g	4.15 $\pm$ 1.02 ^{de}
	2	5.06 $\pm$ 0.02 ^e	2.09 $\pm$ 0.17 ^g	3.95 $\pm$ 0.19 ^e	8.06 $\pm$ 1.38 ^{bc}
	3	4.49 $\pm$ 0.01 ^g	2.51 $\pm$ 0.08 ^e	5.87 $\pm$ 0.32 ^c	10.07 $\pm$ 0.90 ^a
2	0	6.20 $\pm$ 0.03 ^a	0.46 $\pm$ 0.03 ^j	0.95 $\pm$ 0.05 ^h	2.90 $\pm$ 0.25 ^f
	1	4.65 $\pm$ 0.02 ^f	1.85 $\pm$ 0.08 ^h	2.75 $\pm$ 0.13 ^g	4.64 $\pm$ 0.67 ^{de}
	2	4.42 $\pm$ 0.04 ^h	2.50 $\pm$ 0.13 ^e	3.70 $\pm$ 0.09 ^e	7.15 $\pm$ 1.24 ^{bc}
	3	4.33 $\pm$ 0.02 ^j	2.80 $\pm$ 0.06 ^d	6.23 $\pm$ 0.24 ^{bc}	8.07 $\pm$ 1.00 ^b
4	0	6.15 $\pm$ 0.03 ^b	0.44 $\pm$ 0.02 ^j	1.00 $\pm$ 0.12 ^h	2.85 $\pm$ 0.18 ^f
	1	4.62 $\pm$ 0.05 ^f	1.99 $\pm$ 0.05 ^{gh}	3.20 $\pm$ 0.10 ^f	4.60 $\pm$ 2.01 ^{de}
	2	4.37 $\pm$ 0.02 ⁱ	2.71 $\pm$ 0.06 ^d	4.27 $\pm$ 0.28 ^d	6.53 $\pm$ 0.63 ^c
	3	4.29 $\pm$ 0.03 ^j	2.84 $\pm$ 0.36 ^{cd}	6.39 $\pm$ 0.22 ^b	8.12 $\pm$ 1.25 ^b
6	0	6.08 $\pm$ 0.02 ^c	0.45 $\pm$ 0.04 ^j	1.01 $\pm$ 0.10 ^h	2.92 $\pm$ 0.15 ^f
	1	4.52 $\pm$ 0.02 ^g	2.12 $\pm$ 0.17 ^g	3.26 $\pm$ 0.13 ^f	4.42 $\pm$ 1.06 ^e
	2	4.25 $\pm$ 0.04 ^k	2.74 $\pm$ 0.14 ^d	4.68 $\pm$ 0.30 ^d	5.91 $\pm$ 0.47 ^d
	3	4.16 $\pm$ 0.01 ^l	3.24 $\pm$ 0.12 ^b	6.47 $\pm$ 0.20 ^b	7.85 $\pm$ 0.21 ^b
8	0	6.05 $\pm$ 0.02 ^c	0.50 $\pm$ 0.03 ^j	0.95 $\pm$ 0.03 ^h	2.79 $\pm$ 0.33 ^f
	1	4.50 $\pm$ 0.05 ^g	2.30 $\pm$ 0.18 ^f	3.69 $\pm$ 0.16 ^e	4.65 $\pm$ 0.79 ^e
	2	4.16 $\pm$ 0.03 ^k	2.98 $\pm$ 0.18 ^c	4.51 $\pm$ 0.07 ^d	5.02 $\pm$ 0.80 ^d
	3	4.03 $\pm$ 0.04 ^m	3.75 $\pm$ 0.06 ^a	7.62 $\pm$ 0.13 ^a	7.63 $\pm$ 1.20 ^b

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

3) TTA คือ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไตเตรทได้ (total titratable acidity), TCA-soluble peptides คือ ปริมาณเปปไทด์ที่ละลายในสารละลายกรดไธคลอโรอะซิติก (thichloroacetic acid, TCA), TBARS คือ ค่าความหืนของผลิตภัณฑ์ (thiobarbituric acid reactive substances)

จากตารางที่ 2 พบว่า ในวันแรก (วันที่ 0) ของการหมักปลาซั้ม ค่า pH ของปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และปลาซั้มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่าปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 4-8 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการหมัก ปลาซั้มทั้ง 5 ชุดการทดลองจะมีค่า pH ลดลงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 4.50-5.32, 4.16-5.06 และ 4.03-4.49 ในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมักตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่หมักครบ 3 วัน พบว่า ตัวอย่างชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด ส่วนปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 จะมีค่า pH ต่ำกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH ที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยนี้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช. 26/2557) โดยระบุว่า ผลิตภัณฑ์ปลาซั้มจะต้องมีค่า pH ไม่เกิน 4.6 เมื่อถึงกำหนดวันที่เริ่มบริโภค (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) ในระหว่างการหมักนั้นแบคทีเรียกรดแลคติกที่ติดมากับวัตถุดิบ รวมทั้งโพรไบโอติกที่ผสมลงไป จะทำให้ค่า pH ของอาหารหมักลดลง เช่นเดียวกับในผลิตภัณฑ์นมหมัก ผักและผลไม้ดอง ผลิตภัณฑ์เนื้อและอาหารทะเลหมัก เนื่องจากเกิดการดองอินทรีย์หลายชนิดขึ้นในระหว่างการหมัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแลคติก นอกจากนั้นยังเกิดสารแบคทีริโอซิน ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และเอทานอล ซึ่งสารเหล่านี้จะช่วยยับยั้งจุลินทรีย์ที่เราไม่ต้องการ ทำให้สามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารหมักไว้ได้นาน และปลอดภัยเมื่อนำไปบริโภค (ปิ่นมณี, 2546) จากรายงานของ Visessanguan et al. (2004) พบว่า ในการหมักแฮมไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84 ชั่วโมง มีผลให้ค่า pH ของแฮมลดลงอย่างรวดเร็วใน 24 ชั่วโมงแรก และมีค่าลดลงจนถึง 4.8 ภายใน 72 ชั่วโมง เนื่องจากกรดอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดแลคติกที่ผลิตได้จากแบคทีเรียกรดแลคติกมีปริมาณเพิ่มขึ้น

ค่า pH ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) ในวันที่ 0 ของการหมัก ปริมาณกรดทั้งหมดในตัวอย่างทุกชุดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.27-0.50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเมื่อหมักครบ 3 วัน ตัวอย่างทั้ง 5 ชุดการทดลองมีปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.51-3.75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่หมักครบ 3 วัน พบว่า ปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงที่สุด จากรายงานของสิรินดา และคณะ (2548) พบว่าค่า pH ที่ลดลง และปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในอาหารหมักขึ้นอยู่กับการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างกรดในผลิตภัณฑ์

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ TCA-soluble peptides ในตัวอย่างปลาซั้ม พบว่า ในวันแรกตัวอย่างปลาซั้มทั้งหมดมีปริมาณ TCA-soluble peptides อยู่ในช่วง 0.92-1.01 μM tyrosine/g โดยปริมาณ TCA-soluble peptides จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.75-3.69, 3.70-4.68 และ 5.87-7.61 μM tyrosine/g ในวันที่ 1, 2 และ 3 ของการหมัก ตามลำดับ เมื่อหมักตัวอย่างทั้งหมดครบ 3 วัน พบว่า ปลาซั้มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติกับปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ TCA-soluble peptides ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณ *L. casei* 01 ที่เติมลงไปเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาซั้มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณ TCA-soluble peptides สูงที่สุด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ๆ (ตารางที่ 2) การตรวจวิเคราะห์เพื่อติดตาม และศึกษา กิจกรรมการย่อยสลายของโปรตีน สามารถทำได้โดยการวัดปริมาณเปปไทด์ที่ละลายในสารละลายกรด ไตคลอโรอะซิติก (thichloroacetic acid, TCA) การเพิ่มขึ้นของปริมาณ TCA-soluble peptides เกิดจากกล้ามเนื้อของสัตว์น้ำประกอบด้วยเอนไซม์โปรตีนเอส ได้แก่ กลุ่มเอนไซม์ไฮโดรเลส ซึ่งสามารถย่อยสลายพันธะของสายโปรตีน เอนไซม์เหล่านี้มีผลโดยตรงต่อคุณภาพของสัตว์น้ำหลังการตาย โดยกิจกรรมของเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของสัตว์น้ำ วงจรชีวิต และอาหาร นอกจากนั้นการย่อยสลายโปรตีนของสัตว์น้ำยังเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่พบในเนื้อปลาอีกด้วย (สุทธวัฒน์, 2549)

ค่า TBARS เป็นการวัดดัชนีการเสื่อมคุณภาพของไขมันในอาหาร โดยค่า TBARS เท่ากับ 0.1-0.3 mg MDA/kg แสดงว่าไขมันเสื่อมเสียเล็กน้อย ค่า TBARS มากกว่า 3 mg MDA/kg จะทำให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้กลิ่นแปลกปลอมทางประสาทสัมผัสต่ออาหาร และค่า TBARS มากกว่า 7 mg MDA/kg แสดงว่าไขมันเสื่อมคุณภาพมากขึ้น จะมีกลิ่นหืนรุนแรง (Tanikawa, 1985) จากการวิเคราะห์ TBARS ของปลาสมทั้ง 5 ชุดการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ในวันแรกของการหมัก ค่า TBARS ของปลาสมจะอยู่ในช่วง 2.79-2.92 mg MDA/kg โดยค่า TBARS จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ชัดว่าในวันสุดท้ายของการหมัก ค่า TBARS ของตัวอย่างปลาสมจะมีค่าอยู่ในช่วง 7.63-10.07 mg MDA/kg โดยพบว่าปลาสมชุดควบคุมมีค่า TBARS สูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับปลาสมที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01

ตารางที่ 3 ปริมาณสารไบโอเจนิคเอมีนในปลาซั่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาในการหมัก (วัน)	ปริมาณสารไบโอเจนิคเอมีน (ppm)				
		Tryptamine	Putrescine	Cadaverine	Histamine	Tyramine
0	0	2.19±0.51 ⁱ	12.43±3.45 ⁱ	3.45±0.47 ^h	41.13±3.34 ^k	29.64±2.18 ^h
	1	30.97±1.64 ^{de}	49.64±2.68 ^{de}	55.41±2.01 ^d	116.42±5.80 ^d	50.07±4.10 ^f
	2	42.16±1.51 ^b	60.70±3.71 ^b	68.93±3.87 ^b	165.90±4.67 ^b	89.43±2.68 ^b
	3	58.68±2.74 ^a	80.40±4.50 ^a	97.14±5.33 ^a	247.63±3.65 ^a	105.91±1.06 ^a
2	0	2.20±0.23 ⁱ	11.94±3.04 ⁱ	3.69±0.41 ^h	40.28±2.13 ^k	30.17±3.10 ^h
	1	28.94±2.05 ^e	29.16±3.15 ^{sh}	48.22±2.08 ^e	72.96±5.10 ^h	49.62±2.53 ^f
	2	32.65±3.76 ^d	45.67±2.38 ^e	56.13±4.25 ^d	83.10±2.69 ^g	71.15±2.43 ^d
	3	39.02±2.53 ^{bc}	60.30±2.67 ^b	60.85±3.11 ^c	130.31±2.60 ^c	80.00±3.06 ^c
4	0	2.65±0.30 ⁱ	13.08±2.00 ⁱ	3.19±0.40 ^h	42.90±4.99 ^k	30.88±0.82 ^h
	1	29.17±2.17 ^e	27.65±1.45 ^h	48.01±5.22 ^{ef}	65.94±3.21 ⁱ	43.16±1.67 ^g
	2	30.61±2.34 ^{de}	45.06±3.96 ^{ef}	53.05±4.07 ^d	72.11±3.00 ^h	50.19±2.51 ^f
	3	35.40±1.60 ^c	55.78±2.24 ^c	60.02±1.70 ^c	98.47±4.40 ^e	68.44±1.93 ^d
6	0	2.07±0.28 ⁱ	12.85±2.30 ⁱ	3.40±1.02 ^h	40.66±2.25 ^k	31.05±3.77 ^h
	1	15.95±1.03 ^h	29.40±5.94 ^{sh}	30.88±2.61 ^g	61.81±3.11 ⁱ	39.02±2.57 ^g
	2	21.06±0.57 ^g	40.95±1.75 ^f	42.74±2.50 ^f	75.00±4.07 ^h	47.19±0.82 ^f
	3	32.46±1.01 ^d	53.43±2.75 ^{cd}	51.74±3.68 ^{de}	92.21±3.44 ^{ef}	62.86±3.21 ^e
8	0	2.30±0.09 ⁱ	11.70±1.03 ⁱ	3.56±0.27 ^h	41.02±2.81 ^k	33.85±4.09 ^h
	1	16.00±1.75 ^h	30.09±1.82 ^g	32.19±1.55 ^g	55.64±2.00 ^j	40.50±2.65 ^g
	2	23.16±1.62 ^f	39.52±2.09 ^f	40.65±2.94 ^f	72.97±1.50 ^h	47.90±2.12 ^f
	3	30.84±2.68 ^{de}	50.05±1.65 ^d	52.87±1.72 ^d	90.68±2.29 ^f	61.55±2.48 ^e

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารไบโอเจนิคเอมีน ได้แก่ tryptamine, putrescine, cadaverine, histamine และ tyramine ในปลาซั่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 แสดงในตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า ปริมาณสารไบโอเจนิคเอมีนเหล่านี้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการหมัก โดยพบสาร histamine สูงที่สุด เมื่อหมักปลาซั่มครบ 3 วัน จะเห็นได้ชัดเจนว่าปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 และ 8 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณสารเหล่านี้้น้อยที่สุด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับปลาซั่มชุดควบคุม และปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ สารไบโอเจนิคเอมีนเป็นสารประกอบที่ธาตุไฮโดรเจนในโครงสร้างทางเคมีของแอมโมเนียถูกแทนที่ด้วยหมู่อัลคิล หรืออัลลิล (alkyl หรือ aryl groups) สารไบโอเจนิคเอมีนจะ

เกิดขึ้นมากในระหว่างการเน่าเสียของอาหาร โดยจุลินทรีย์จะสร้างเอนไซม์ decarboxylase ย่อยสลายกรดอะมิโนอิสระในอาหารจนได้เป็นสารไบโอเจนิคเอมีน (Rezaei et al., 2007) โดยจะพบสาร histamine มากที่สุด สารชนิดนี้เกิดจากแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ histidinedecarboxylase ย่อยสลายกรดอะมิโน histidine ที่มีอยู่มากในโปรตีนเนื้อปลาให้เปลี่ยนเป็น histamine การรับประทานสาร histamine ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารในปริมาณมากจะทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ ก่อให้เกิดอาการแพ้ มีผื่นคัน หน้าแดง แสบร้อนบริเวณปาก ปวดศีรษะ บางรายอาจมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย อาการเหล่านี้จะหายได้เอง แต่ผู้ป่วยบางคนอาจมีอาการระบบไหลเวียนล้มเหลว ช็อก และน้ำท่วมปอดฉับพลัน (วงศ์ทิพา, 2551)

จากการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของปลาสดก่อนการหมัก พบว่า *Salmonella* sp., *S. aureus*, *B. subtilis*, *C. perfringens*, *E. coli* ยีสต์และรา มีจำนวนที่แตกต่างกันออกไป โดยตรวจพบจำนวน *Salmonella* sp. และ *C. perfringens* ต่ำกว่า 10 CFU/g และพบ *B. subtilis* จำนวนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุลินทรีย์กลุ่มอื่น เมื่อหมักปลาสดจนครบ 3 วัน พบว่า *S. aureus*, *E. coli* ยีสต์และรา มีจำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีจำนวนต่ำกว่า 10 CFU/g ส่วน *Salmonella* sp. และ *C. perfringens* ก็ยังคงมีจำนวนต่ำกว่า 10 CFU/g เช่นเดิม นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณของเชื้อโปรไบโอติกที่เติมลงไปในส่วนผสมของปลาสดมีผลต่อการลดลงของ *B. subtilis* โดยจะเห็นได้ว่าปลาสดที่หมักโดยใช้เชื้อตามธรรมชาติยังคงมีจำนวนของ *B. subtilis* มากกว่า 3 log CFU/g ในขณะที่ปลาสดที่หมักร่วมกับโปรไบโอติกทุกชุดการทดลองมีจำนวนของ *B. subtilis* น้อยกว่า 3 log CFU/g อัตราการลดลงของ *B. subtilis* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ตามปริมาณเชื้อโปรไบโอติกที่เติมลงไป ปริมาณโปรไบโอติกที่ระดับ 6 และ 8 เพอร์เซ็นต์ มีผลต่อจำนวน *B. subtilis* ในตัวอย่างปลาสดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 4) จากงานวิจัยนี้พบว่า ปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 มีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “ปลาสด” (มพช. 26/2557) โดยกำหนดให้ต้องไม่พบ *Salmonella* sp. ในตัวอย่าง 25 กรัม *S. aureus* ต้องน้อยกว่า 100 CFU/g *B. cereus* ต้องน้อยกว่า 10^3 CFU/g *C. perfringens* ต้องน้อยกว่า 10^3 CFU/g *E. coli* ต้องน้อยกว่า 3 MPN/g และยีสต์และราต้องน้อยกว่า 10^3 CFU/g (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2557) จากการศึกษาของณัฐกฤตา และวนิดา (2559) พบว่า ในระหว่างการหมักปลาสดนั้น จำนวนแบคทีเรียกรดแลคติกจะมีจำนวนเพิ่มขึ้น แต่จำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (เช่น ยีสต์ และรา) และจุลินทรีย์ก่อโรคลดลงต่าง ๆ (เช่น *Salmonella* sp., *S. aureus*, และ *E. coli*) กลับมีแนวโน้มที่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาสดที่มีการเติมกลูตาเมตแบคทีเรียกรดแลคติกลงไป การลดลงของจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวเกิดจากแบคทีเรียกรดแลคติกผลิตกรดออกมาจึงทำให้เกิดสภาวะความเป็นกรดสูงในปลาสด ประกอบกับปลาสดมีความเค็มสูง ทำให้มีสภาพไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่น จึงทำให้จำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และจุลินทรีย์ก่อโรคลดน้อยลงอย่างเห็นได้ชัด (Abdulmumeen et al., 2012)

ตารางที่ 4 คุณภาพด้านจุลชีววิทยาของปลาสมที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	เวลาในการหมัก (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g)				ยีสต์และรา
		<i>Salmonella</i> sp. ^{ns}	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Clostridium perfringens</i> ^{ns}	
0	0	<10	9.71±1.20 ³ ×10 ³	4.40±1.12 ³ ×10 ⁶	<10	3.90±0.60 ³ ×10 ³
	3	<10	<10 ³	1.87±0.53 ³ ×10 ³	<10	<10 ³
2	0	<10	8.60±1.07 ³ ×10 ⁶	5.92±2.75 ³ ×10 ⁶	<10	3.89±1.08 ³ ×10 ³
	3	<10	<10 ³	8.52±0.88 ³ ×10 ²	<10	<10 ³
4	0	<10	9.15±0.91 ³ ×10 ⁶	4.65±1.50 ³ ×10 ⁶	<10	4.15±0.76 ³ ×10 ³
	3	<10	<10 ³	5.05±1.35 ³ ×10 ²	<10	<10 ³
6	0	<10	8.97±1.38 ³ ×10 ⁶	4.27±0.98 ³ ×10 ⁶	<10	4.02±1.01 ³ ×10 ³
	3	<10	<10 ³	1.63±0.71 ³ ×10 ²	<10	<10 ³
8	0	<10	9.83±1.14 ³ ×10 ⁶	5.55±1.81 ³ ×10 ⁶	<10	3.94±0.77 ³ ×10 ³
	3	<10	<10 ³	1.19±0.26 ³ ×10 ²	<10	<10 ³

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากกรทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันไม่แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

3) ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non significant difference)

ตารางที่ 5 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาสดที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนความชอบ				
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส	สี	กลิ่น ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0	7.60±0.81 ^b	7.53±0.82 ^{ab}	7.33±0.80 ^{ab}	7.60±0.93	7.60±0.56 ^{bc}
2	8.13±0.82 ^a	7.70±0.75 ^a	7.83±0.87 ^a	7.60±1.10	8.03±0.81 ^a
4	7.50±0.90 ^b	7.17±0.83 ^b	7.13±1.04 ^b	7.50±1.04	7.73±0.78 ^{abc}
6	7.73±0.78 ^{ab}	7.67±0.84 ^a	7.40±0.89 ^{ab}	7.40±0.97	7.90±0.66 ^{ab}
8	7.67±0.71 ^b	7.30±0.70 ^{ab}	7.17±1.32 ^b	7.40±0.81	7.50±0.73 ^c

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการผู้ทดสอบชิม 50 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

3) ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non-significant difference)

ตารางที่ 6 คะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาสดที่ผ่านการหมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติและหมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

ปริมาณเชื้อ (เปอร์เซ็นต์)	คะแนนความชอบ					
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ	ความเปรี้ยว	ความเค็ม ^{ns}	ความชอบโดยรวม
0	7.53±1.07 ^{ab}	7.57±0.63	7.30±0.84 ^{ab}	6.33±1.24 ^b	6.40±1.16	7.10±1.12 ^c
2	7.80±0.81 ^{ab}	7.73±0.69	7.40±0.81 ^{ab}	6.70±1.12 ^b	6.43±1.07	7.57±0.97 ^{ab}
4	7.70±0.75 ^{ab}	7.67±0.55	6.97±1.16 ^{bc}	6.63±1.00 ^b	6.37±0.93	7.13±0.73 ^{bc}
6	7.43±0.73 ^b	7.57±0.63	7.73±0.69 ^a	7.73±0.64 ^a	6.67±1.09	7.70±0.60 ^a
8	7.97±0.67 ^a	7.63±0.89	6.73±1.05 ^c	5.57±0.82 ^c	6.60±1.19	6.50±0.73 ^d

หมายเหตุ : 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยจากการผู้ทดสอบชิม 50 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในสดมภ์ แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \leq 0.05$)

3) ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (non-significant difference)

ตารางที่ 5 แสดงคะแนนความชอบเฉลี่ยจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาสดที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติเปรียบเทียบกับปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ซึ่งพบว่า ปลาสดทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบทุกคุณลักษณะที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ ด้านเนื้อสัมผัส ด้านสี ด้านกลิ่น และการยอมรับโดยรวม อยู่ในช่วง 7.50-8.13, 7.17-7.70, 7.13-7.83, 7.40-7.60 และ 7.50-8.03 คะแนน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่า ปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด สำหรับปลาสดหมักมีคะแนนความชอบเฉลี่ยด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ ความเปรี้ยว ความเค็ม และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วง 7.43-7.97, 7.57-7.73, 6.73-7.73, 5.57-7.73, 6.37-6.67 และ 6.50-7.70 คะแนน ตามลำดับ โดยปลาสดที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01

ที่ปริมาณ 8 เพอร์เซ็นต์ ได้รับคะแนนด้านรสชาติ ความเปรี้ยว และการยอมรับต่ำที่สุด ในขณะที่ปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 เพอร์เซ็นต์ ได้คะแนนการยอมรับโดยรวมสูงสุด (ตารางที่ 6) ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ความเข้มข้น 6 เพอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีคุณภาพ มีความปลอดภัย และได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงกว่าปลาซั่มชุดการทดลองอื่น ๆ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ปลาซั่มทุกชุดการทดลองมีค่า L^* (ค่าความสว่าง) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลือง) เพิ่มขึ้น ส่วนค่า a^* (ค่าความเป็นสีแดง) มีค่าลดลง เมื่อต้มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จนครบ 3 วัน พบว่า ปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 8 เพอร์เซ็นต์ มีค่า pH ต่ำที่สุด ซึ่งแปรผันตามการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดในรูปกรดแลคติก นอกจากนั้นยังพบว่า ปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 มีค่า TBARS และ ปริมาณ tryptamine, putrescine, cadaverine, histamine และ tyramine ต่ำกว่าปลาซั่มที่หมักด้วยเชื้อตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 และ 8 เพอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์ที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ทุกระดับมีความปลอดภัยจากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ได้แก่ *Salmonella* sp., *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *C. perfringens*, *Escherichia coli* ยีสต์ และรา และจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า โดยภาพรวมคะแนนความชอบของปลาซั่มที่หมักร่วมกับ *L. casei* 01 ที่ปริมาณ 6 เพอร์เซ็นต์ ได้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

- ชยาگانต์ เรื่องสุวรรณ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ สุทธิ ภมรสมิต และปรีชา อุตระกุล. 2552. แบบจำลองภูมิปัญญาชุมชน กรณีศึกษาปลาซั่มของชนชาวไทญ้อ หมู่บ้านท่าขอนยาง ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 3(2) : 67-78.
- ณัฐกฤตา ภูทับทิม และวนิดา แซ่จิ่ง. 2559. การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกและใช้เป็นต้นเชื้อบริสุทธิ์ในการหมักปลาซั่ม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 24(6)(ฉบับพิเศษ) : 952-967.
- ทิพย์กมล ภูมิพันธ์ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง. 2559. สุขลักษณะของการประกอบกิจการผลิตปลาซั่มและปลาซั่มในอำเภอนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี. วารสารวิจัย มช. (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 16(2) : 75-85.
- ปรมาภรณ์ เจ็ดวรรณะ คมแข พิลาสสมบัติ รุจริน ลิ้มสุวานิช อติสร เสวตวิวัฒน์ และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2554. การศึกษาคุณภาพและจุลินทรีย์ของแหนมเนื้อโคโดยใช้เชื้อ *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* P 2 และ Sb 2 เป็นก้ำเชื้อในการหมักแหนม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 29(3) : 46-54.
- ปิ่นมณี ขวัญเมือง. (2546). แบคทีเรียกรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดอง. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 3(1) : 62-69.
- วงศ์ทิพา โรจนประภพ. 2551. ฮิสตามีน (histamine) สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้เมื่อรับประทานอาหารทะเล. สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

- สิรินดา ยุ่นฉลาด สุกานดา วิจิตพันธุ์ งามนิจ นนทโส และพิกุลทอง ขอเพิ่มทรัพย์. 2548. การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ และทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักปลาซมที่เป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักของไทย. วารสารงานวิจัย มข. 10(3) : 188-198.
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2549. ชูริมิ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อปลาบด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์.
- Abdulummeen, H. A., Risikat, A. N. and Sururah, A. R. (2012). Food: Its preservatives, additives and applications. International Journal of Chemical Sciences. 1: 36-47.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.). Gaithersburg, Maryland, USA: AOAC International.
- Chaikham, P. (2015). Stability of probiotics encapsulated with Thai herbal extracts in fruit juices and yoghurt during refrigerated storage Food Bioscience. 12: 61–66
- Jittrepotch, N., Rojsuntornkitti, K. and Kongbangkerd, T. (2015). Physico-chemical and sensory properties of Plaa-som, a Thai fermented fish product prepared by using low sodium chloride substitutes. International Food Research Journal. 22(2): 721-730.
- Kalac, P., Spicka, J., Krizek, M. and Pelikanova, T. (2000). The effect of lactic acid bacteria inoculants on biogenic amines formation in sauerkraut. Food Chemistry. 70: 355-359.
- Kongkiattikajorn, J. 2015. Potential of starter culture to reduce biogenic amines accumulation in *som-fug*, a Thai traditional fermented fish sausage. Journal of Ethnic Foods. 2: 186-194.
- Leroy, F. and De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. Trends in Food Science and Technology. 15: 67-78.
- Nanasombat, S., Phunpruch, S. and Jaichalad, T. (2012). Screening and identification of lactic acid bacteria from raw seafoods and Thai fermented seafood products for their potential use as starter cultures. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 34(3): 255-262.
- Onsurathum, S., Pinlaor, P., Haonon, O., Chaidee, A., Charoensuk, L., Intuyod, K., Boonmars, T., Laummaunwai, P. and Pinlaor, S. (2016). Effects of fermentation time and low temperature during the production process of Thai pickled fish (*pla-som*) on the viability and infectivity of *Opisthorchis viverrini metacercariae*. International Journal of Food Microbiology. 218: 1–5.
- Rezaei, M., Jafari, H., Sahari, M. A., Hosseini, H., Montazeri, N., Parviz M. and Nazarinia, A. (2007). Relation of biogenic amines and bacterial changes in ice-stored southern caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*). Journal of Food Biochemistry. 31(4): 541–550.
- Riebroy, S., Benjakul, S., Visessanguan, W., Kijrongrojana, K. and Tanaka, M. (2004). Some characteristics of commercial *Som-fug* produced in Thailand. Food Chemistry. 88: 527-535.

- Sanders, M. E., Guarner, F., Guerrant, R., Holt, P. R., Quigley, E. M., Sartor, R. B., Sherman, P. M. and Mayer, E. A. (2013). An update on the use and investigation of probiotics in health and disease. *Gut*. 62(5): 787–796.
- Tanikawa, E. (1985). *Marine products in Japan* (2nd ed.). Tokyo, Japan: Kaseisha-Kasukaku Co.
- US Food and Drug Administration. (2001). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. Washington DC, USA: New Hampshire Avenue, Department of Health and Human Services.
- Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. (2004). Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to *Nham* characteristics. *Meat Science*. 66: 579-588.