

ผลของพันธุ์ข้าวเหนียวไทยต่อการเกิดกลิ่นหืนและการยอมรับของปลาส้ม

Effects of Thai sticky rice varieties on rancidity and sensory acceptability of *Plaa-Som*

พิทยา ใจคำ^{1*} และภัทรนารี แก้วเจริญ¹
Pittaya Chaikham^{1*} and Pattaranaree Kaewcharoen¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียวไทย 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข 6 (RD 6) ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวเล้าแตก และข้าวเหนียวหวั่น 1 ต่อการเกิดกลิ่นหืนของปลาส้มในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน และการยอมรับของผู้บริโภค จากผลการทดลองพบว่า ข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวเหนียวแดง ซึ่งมีปริมาณไขมันแร่ธาตุ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันสูงมากกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ($p \leq 0.05$) และจากการวิเคราะห์หาค่า TBA (Thiobarbituric acid) ในระหว่างการหมักพบว่าปลาส้มหมักร่วมกับข้าวเหนียวแดงมีค่าการหืนต่ำกว่าตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำตัวอย่างปลาส้มที่ไม่ผ่านการทอดมาทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

คำสำคัญ: ปลาส้ม ข้าวเหนียว การหืน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

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

Received: 1 March 2018, Revised: 18 June 2019, Accepted: 26 June 2019

Abstract

This research was purposed to study the chemical compositions of five Thai sticky rice cultivars including “Gorkhor 6” (RD 6), “Sanpathong”, “Dang”, “Laotak” and “Whan 1” on product rancidity during fermentation at 35°C for 3 days and consumer acceptability of *Plaa-Som*. The results showed that all sticky rice cultivars contained significantly different contents of chemical composition ($p \leq 0.05$), in particular “Dang” sticky rice which displayed to have significant higher in crude fat, mineral, total phenolic compounds, total anthocyanins and antioxidant activity than other rice ($p \leq 0.05$). From the results of TBA (Thiobarbituric acid) values, *Plaa-Som* fermented with “Dang” sticky rice showed the lowest in rancidity value ($p \leq 0.05$). Nevertheless, the results of sensory evaluation showed that the overall liking scores of the sample attributes had no significant difference between uncooked and fried *Plaa-Som*.

Keywords: *Plaa-Som*, Sticky rice, Rancidity, Sensory evaluation

บทนำ

ปลาซ้มน หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาที่ผ่านกรรมวิธีการหมักร่วมเกลือ ข้าวสวยหรือข้าวเหนียวหนึ่ง และกระเทียมจนมีรสเปรี้ยว อาจทำมาจากปลาทั้งตัวหรือเฉพาะเนื้อปลาก็ได้ ปลาซ้มนิยมบริโภคกันในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และแพร่หลายไปสู่ภูมิภาคอื่น ๆ เป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นในการถนอมอาหาร ปลาซ้มนแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ ปลาซ้มนตัว ปลาซ้มนชิ้น ปลาซ้มนแผ่น และปลาซ้มนฟัก (สิรินดา และคณะ, 2548; พิทยา และรัชณี, 2560) ในขั้นตอนของการหมักปลาซ้มนั้นทำได้โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาคลุกเคล้าจนเข้ากัน และบรรจุในภาชนะปิดสนิทหรือบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการไล่อากาศออกแล้ว ทิ้งไว้ให้เกิดการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่เกิดตามธรรมชาติที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3-4 วัน จนเกิดรสเปรี้ยว และมีกลิ่นของปลาหมัก เนื้อปลาซ้มนที่ดีจะมีลักษณะที่แน่นและเหนียว วิธีรับประทานปลาซ้มนสามารถรับประทานได้ทั้งแบบสด และนำไปทอด (พิทยา และคณะ, 2560) การผลิตปลาซ้มนั้นจากเดิมนิยมทำรับประทานกันในครอบครัว แต่ปัจจุบันสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายจนกลายเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชนที่กระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศไทย โดยเทคนิคในการผลิตปลาซ้มนของแต่ละแห่งนั้นจะมีสูตร มีการคัดเลือกใช้วัตถุดิบ ชนิดปลา สัดส่วนระหว่างส่วนผสม ตลอดจนขั้นตอนวิธีการและระยะเวลาในการหมักปลาที่แตกต่างกัน จึงทำให้รสชาติ และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความแตกต่างกันไป ความเปรี้ยวในปลาซ้มนั้นเกิดจากกิจกรรมการหมักจากจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในการเปลี่ยนกลูโคสที่ได้มาจากการย่อยส่วนผสมที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรตไปเป็นกรดแลคติก และกรดอะซิติก จึงเรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่าแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่พบในปลาซ้มน และเป็นที่ยอมรับกันดีอยู่แล้วว่าเป็นกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีความปลอดภัย นอกจากนี้บางสายพันธุ์

อาจมีประโยชน์ต่อสุขภาพหรือที่เรียกว่า โพรไบโอติก (Probiotic) โดยในกระบวนการหมักแบคทีเรียกรดแลคติกจะผลิตกรดชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปลาสดลดลงจนสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ($\text{pH} \leq 4.5$) ทำให้เนื้อสัมผัสของปลาแน่นขึ้น และรับประทานได้อย่างปลอดภัยหลังทำให้สุก (กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2559) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2557) ได้จัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนของผลิตภัณฑ์ปลาสด (มผช. 26/2557) เพื่อเป็นข้อกำหนดในการรักษามาตรฐานด้านความปลอดภัย โดยกำหนดให้ตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรค และอันตรายทางชีวภาพที่ไม่พึงประสงค์ในปลาสดในสัดส่วนต่อน้ำหนักปลาสดไว้ ได้แก่ *Salmonella* sp. ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Bacillus cereus* ต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Clostridium perfringens* ต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 3 เอ็มพีเอ็นต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์และราต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม รวมทั้งต้องตรวจไม่พบพยาธิตัวจิ๋ว (*Gnathostoma spinigerum*) และตัวอ่อนพยาธิใบไม้ในตับในตัวอย่าง 100 กรัม ทั้งนี้เพื่อเป็นการให้ความเชื่อมั่นแก่ผลิตภัณฑ์ในเรื่องของความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ยังระบุคุณลักษณะที่ต้องการโดยทั่วไปของปลาสดไว้ อาทิเช่น ลักษณะภายนอกต้องอยู่ในสภาพเรียบร้อย สะอาด อาจมีน้ำซึมได้เล็กน้อย ในภาชนะบรรจุเดียวกัน ต้องเป็นปลาชนิดเดียวกัน ยังคงสภาพเป็นตัว ชิ้น หรือเส้น เนื้อแน่น ไม่ยุ่ย เป็นต้น

ข้าวเป็นส่วนผสมหลักที่สำคัญในการทำปลาสด โดยกลิ่นหอมของข้าวชนิดต่าง ๆ นั้นมีผลอย่างยิ่งต่อกลิ่นรส และยอมรับของผู้บริโภค กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (2559) ได้สรุปประเด็นในเรื่องการเพิ่มสีส้ม และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ปลาสด โดยการใช้ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ของไทยมาหมักปลาสดเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่า นำมาทดแทนการใช้ข้าวเจ้าหอมมะลิหุงสุกหรือข้าวเหนียวหนึ่งที่เป็นสูตรดั้งเดิม การใช้ข้าวชนิดที่มีสีต่าง ๆ จะเป็นการเพิ่มเอกลักษณ์ให้กับลักษณะปรากฏของปลาสดได้ ข้าวมีสีจัดว่าเป็นเมลาโนอีทิกซ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเมล็ดข้าวจะมีสีน้ำตาลแดง หรือสีม่วง กลุ่มสีเหล่านี้เกิดจากสารให้สีที่มีชื่อว่า แอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งมีคุณสมบัติในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (antioxidant) ช่วยในการหมุนเวียนของกระแสโลหิต ชะลอความเสื่อมของเซลล์ร่างกาย ช่วยป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระไปทำลายเซลล์ ช่วยลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ และเส้นเลือดอุดตันในสมอง เป็นต้น (Ichikawa *et al.*, 2001; Hu and Zawistowski, 2003) ในปัจจุบันยังมีการศึกษาเพียงเล็กน้อยในเรื่องของการใช้ประโยชน์จากข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียวพันธุ์ทางการค้า และพันธุ์พื้นเมือง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวเหนียว 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวเจ้าแตก และข้าวเหนียวหวัน 1 และศึกษาผลของพันธุ์ข้าวต่อการเกิดกลิ่นหืนของปลาสดจากปลานิลในระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน และการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน ปริมาณสารสำคัญ และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของข้าว

1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน

โดยนำตัวอย่างข้าวทั้ง 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวเล้าแตก และข้าวเหนียวหวัน 1 (ภาพที่ 1) มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐาน (proximate compositions) ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ตามวิธี AOAC (2000)



ภาพที่ 1 ข้าวเหนียวที่ใช้ในการหมักปลาสด (ก) ข้าวเหนียว กข 6 (ข) ข้าวเหนียวสันป่าตอง (ค) ข้าวเหนียวแดง (ง) ข้าวเหนียวเล้าแตก (จ) ข้าวเหนียวหวัน 1

1.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

โดยนำตัวอย่างข้าวที่ผ่านการบดมา 2 กรัม สกัดในเอทานอลเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 8 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไปเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 × g เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายใสด้านบนมา 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 10% Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 5 นาที และจากนั้นเติมสารละลายอิมตัวของ sodium carbonate ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer (Perkin Elmer, Waltham, MA, USA) ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมดคำนวณออกมาในรูปสาร gallic acid (mg GAE/100 g) (ดัดแปลงตามวิธีของ Chaikham *et al.*, 2016)

1.3 วิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

นำสารละลายตัวอย่างมาปริมาตร 10 มิลลิลิตร (เตรียมเช่นเดียวกับข้อ 1.2) ผสมกับสารละลาย potassium chloride buffer (pH1) ความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และผสม

กับสารละลาย sodium acetate buffer (pH 4.5) ความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร โดยใช้เครื่องผสมเป็นเวลา 20 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดในสารละลายทั้ง 2 ชนิดมาผ่านการกรองด้วย Whatman® filter paper no. 4 จากนั้นนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร เป็นเวลา 5 นาที ที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร และความยาวคลื่นสูงสุด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดคำนวณออกมาในรูปสาร catechin (mg CE/100 g) (ดัดแปลงตามวิธีของ Chaikham *et al.*, 2016)

1.4 การวิเคราะห์หาการต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาค่า 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity โดยนำตัวอย่างข้าวที่ผ่านการบดมา 2 กรัม สกัดในเมทานอลปริมาตร 8 มิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที นำตัวอย่างที่ผ่านการสกัดไปเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ $4,000 \times g$ เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายใสด้านบนมา 1.6 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายอนุมูลอิสระ DPPH ความเข้มข้น 1.5 ไมโครโมลาร์ ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ค่า DPPH-radical inhibition คำนวณตามวิธีของ Chaikham *et al.* (2016) สำหรับการวิเคราะห์หาค่า Ferric-reducing antioxidant power (FRAP) ทำตามวิธีของ Benzie and Stain (1996) โดยนำตัวอย่างที่ผ่านการบดมา 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร และสารผสม FRAP reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร ค่า FRAP value คำนวณออกมาในรูปของค่า mmol Fe (II) ต่อ 100 กรัมของตัวอย่าง (mmol FeSO₄/100 g)

2. การเตรียมวัตถุดิบ

ขั้นตอนการนึ่งข้าวเหนียวทำได้โดยการนำข้าวไปแช่ในน้ำสะอาดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำไปนึ่งเป็นเวลา 40 นาที เมื่อข้าวสุกแล้วพักทิ้งไว้ให้เย็นก่อนนำไปใช้ การเตรียมปลาทำได้โดยนำปลานิลทั้งตัวไปล้างทำความสะอาด ขอดเกล็ด และแล่เอาเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อออกมา จากนั้นหั่นเป็นชิ้น ๆ ความหนา 1 เซนติเมตร กระจายให้ปกปิดแล้วสับให้ละเอียด และเกลือแกงให้นำไปบดก่อนนำมาคลุกเคล้ากับส่วนผสม

3. การหมักปลาต้ม

ส่วนผสมของปลาต้มในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยเนื้อปลานิลหั่นเป็นชิ้น (ขนาดประมาณ $1 \times 5 \times 1$ เซนติเมตร) 1,000 กรัม กระจาย 41.63 กรัม ข้าวเหนียวนึ่งสุก 56.67 กรัม และเกลือแกง 80.03 กรัม โดยนำเนื้อปลาที่หั่นเป็นชิ้นแล้วมาคลุกเคล้ากับเกลือ และตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นล้างเนื้อปลาด้วยน้ำสะอาดอีก 4 ครั้ง จนเนื้อปลาไม่มีสีเลือด นำไปวางบนตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ นำเนื้อปลา กระจาย และข้าวเหนียวมาคลุกเคล้าให้เข้าก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีนใส่อากาศภายในถุงออกให้มากที่สุดเพื่อทำให้สภาวะแวดล้อมเหมาะสมแก่การเจริญของแบคทีเรียกรดแลคติก หมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน (พิทยา และคณะ, 2560) เก็บตัวอย่างทุก ๆ วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าการเกิดกลิ่นหืน และนำตัวอย่างที่ผ่านการหมักครบ 3 วัน ไปทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

4. การวิเคราะห์หาค่าการหืนของปลาต้ม

ซึ่งตัวอย่างปลาต้มที่ผ่านการสับจนละเอียดแล้วมา 10 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ด้วยเครื่องปั่นนาน 2 นาที จากนั้นเทลงในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร ล้างเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร แล้วเทใส่ขวดก้นกลมอีกครั้งหนึ่ง เติมน้ำละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4 โมลาร์ ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้ได้เท่ากับ 1.5 แล้วเติมลูกปัดแก้ว (glass beads) ลงไป นำขวดก้นกลมต่อเข้ากับเครื่องกลั่นแบบหมุน (rotary evaporator) กลั่นจนกระทั่ง เหลือของเหลวปริมาณ 50 มิลลิลิตร ปิดของเหลวที่กลั่นได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมน้ำ thiobarbituric acid reagent ลงไป 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วเขย่า จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือด นาน 35 นาที และทำให้เย็นลงภายใน 10 นาที ทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร และสารละลายกรด thiobarbituric acid reagent 5 มิลลิลิตร นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Perkin Elmer UV WINLAB spectrophotometer) จากนั้นคำนวณหาค่า TBA (mg Malonaldehyde/kg ตัวอย่าง) ตามวิธีของ Hu *et al.* (2008)

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาต้ม

นำตัวอย่างปลาต้มที่หมกได้มาทอดโดยใช้ไฟปานกลาง (อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส) เวลาในการทอดประมาณ 8-10 นาที หรือจนกระทั่งปลาต้มสุกมีสีเหลืองทอง โดยนำปลาต้มที่ไม่ผ่านการทอดมาทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบโดยรวม ส่วนปลาต้ม ที่ผ่านการทอดนั้น นำมาทดสอบคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติโดยรวม ความเปรี้ยว ความเค็ม และความชอบโดยรวม ทดสอบชิมตามวิธี 9-point hedonic scale test โดยคะแนนเท่ากับ 9 คือ ชอบมากที่สุด คะแนนเท่ากับ 5 คือ เฉย ๆ และคะแนนเท่ากับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด ซึ่งใช้ผู้ทดสอบ จำนวน 50 คน

6. การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองที่ได้เป็นค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) จำนวน 3 ซ้ำ สำหรับการทดสอบทางประสาท สัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) โดยมีจำนวนผู้ทดสอบชิมเท่ากับ 50 คน วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$ โดยใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 23 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของข้าวเหนียว 5 พันธุ์

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์)	พันธุ์ข้าวเหนียว				
	กข 6	สันป่าตอง	เล่าแตก	แดง	หวัน 1
ความชื้น	11.98 \pm 0.05 ^b	12.30 \pm 0.12 ^a	12.10 \pm 0.17 ^{ab}	11.03 \pm 0.19 ^c	11.93 \pm 0.10 ^b
โปรตีน	5.14 \pm 0.04 ^d	6.18 \pm 0.01 ^b	5.36 \pm 0.02 ^c	6.29 \pm 0.06 ^a	5.33 \pm 0.03 ^c
ไขมัน	0.97 \pm 0.01 ^b	0.79 \pm 0.01 ^d	0.86 \pm 0.04 ^c	1.22 \pm 0.04 ^a	0.98 \pm 0.02 ^b

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบ (เปอร์เซ็นต์)	พันธุ์ข้าวเหนียว				
	กข 6	สันป่าตอง	เล้าแตก	แดง	หวัน 1
คาร์โบไฮเดรต	81.57±0.10 ^a	80.47±0.12 ^b	81.40±0.18 ^a	80.69±0.17 ^b	81.47±0.11 ^a
เถ้า	0.36±0.01 ^b	0.27±0.01 ^d	0.30±0.01 ^c	0.78±0.01 ^a	0.30±0.00 ^c

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้าอยู่ในช่วง 11.03-12.30, 5.14-6.18, 0.79-1.22, 80.47-81.57 และ 0.27-0.78 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยตัวอย่างข้าวเหนียวที่มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ ข้าวเหนียวสันป่าตอง ส่วนข้าวเหนียวแดงมีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าสูงที่สุด และข้าวที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงสุด คือ ข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวเล้าแตก และข้าวเหนียวหวัน 1 โดยมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารสำคัญ และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียว 5 พันธุ์

คุณสมบัติ	พันธุ์ข้าวเหนียว				
	กข 6	สันป่าตอง	เล้าแตก	แดง	หวัน 1
TPC (mg GAE/100 g)	15.43±1.97 ^c	29.34±1.00 ^b	17.30±3.49 ^c	86.26±3.34 ^a	21.67±1.48 ^c
TA (mg CE/100 g)	nd	nd	nd	22.10±2.09	nd
DPPH (%)	20.37±0.99 ^c	24.29±1.93 ^b	20.16±1.29 ^c	37.26±2.23 ^a	19.49±1.61 ^c
FRAP (mmol FeSO ₄ /100 g)	12.56±0.69 ^c	13.09±0.24 ^b	11.66±0.06 ^d	15.64±0.41 ^a	10.99±0.36 ^e

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถว แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3) nd คือ ตรวจไม่พบ, TPC คือ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ TA คือ ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ และกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ (ตารางที่ 2) พบว่า ข้าวเหนียวแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ค่า DPPH inhibition และค่า FRAP value สูงที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับข้าวเหนียวพันธุ์อื่น ๆ ($p < 0.05$) ส่วนข้าวที่มีปริมาณสารสำคัญ และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระรองลงมา คือ ข้าวเหนียวสันป่าตอง โดยตรวจไม่พบแอนโทไซยานินในข้าวขาวทั้ง 4 พันธุ์ คือ ข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวเหนียวเล้าแตก และข้าวเหนียวหวัน 1 แต่ตรวจพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 15.43-29.34 mg GAE/100 g

โดยน้ำหนักแห้ง กิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 19.49-24.29 เปอร์เซ็นต์ และค่า FRAP value อยู่ในช่วง 10.99-13.09 mmol FeSO₄/100 g

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า TBA (mg Malonaldehyde/kg) ในปลาผสมผสมข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 วัน

พันธุ์ข้าวเหนียว	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)			
	0 ^{NS}	1 ^{NS}	2	3
กข 6	1.03±0.14 ^d	5.13±0.27 ^c	11.45±2.08 ^{bAB}	16.02±1.45 ^{aA}
สันป่าตอง	1.12±0.07 ^d	5.22±0.42 ^c	13.02±1.12 ^{bA}	17.60±0.63 ^{aA}
เล่าแตก	1.07±0.20 ^d	5.16±0.18 ^c	12.17±1.34 ^{bAB}	14.51±1.05 ^{aB}
แดง	1.35±0.23 ^d	4.93±0.33 ^c	9.42±0.97 ^{bC}	11.84±0.92 ^{aC}
หวัน 1	1.18±0.05 ^d	4.97±0.25 ^c	10.53±0.87 ^{bB}	18.69±1.18 ^{aA}

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ซ้ำ ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถว (อักษรตัวพิมพ์เล็ก) และสดมภ์ (อักษรตัวพิมพ์ใหญ่) แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3) TBA คือ ค่าการหืนของผลิตภัณฑ์

4) NS คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองในตารางที่ 3 พบว่า ในวันที่ 0 และ 1 ของการหมัก ค่า TBA ของปลาแต่ละชุดการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.03-1.35 และ 4.93-5.22 mg Malonaldehyde/kg ตามลำดับ โดยค่า TBA จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งจะพบความแตกต่างของค่า TBA ในตัวอย่างเมื่อหมักครบ 2 วันขึ้นไป เมื่อหมักครบ 3 วัน ตัวอย่างปลาผสมผสมข้าวเหนียวแดงจะมีค่า TBA ต่ำที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ๆ ส่วนปลาผสมผสมข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง และข้าวเหนียวหวัน 1 จะมีค่า TBA สูงที่สุด และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาผสมผสมข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ไม่ผ่านการทอด

พันธุ์ข้าวเหนียว	คะแนนความชอบ			
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	สี ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
กข 6	7.13±0.43	7.49±0.67	6.82±0.51	7.28±0.44
สันป่าตอง	7.07±0.59	7.32±0.55	6.90±0.43	7.24±0.50
เล่าแตก	7.25±0.41	7.38±0.58	6.75±0.50	7.16±0.49
แดง	7.20±0.64	7.27±0.49	6.83±0.47	7.11±0.51
หวัน 1	7.14±0.52	7.25±0.42	6.79±0.59	7.15±0.46

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงเป็นคะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาผสมข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ ที่ผ่านการทอด

พันธุ์ข้าวเหนียว	คะแนนความชอบ			
	ลักษณะปรากฏ ^{ns}	กลิ่น ^{ns}	รสชาติ ^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
กข 6	7.42±0.64	7.12±0.48	6.80±0.52	6.95±0.70
สันป่าตอง	7.36±0.55	7.28±0.60	6.61±0.49	7.02±0.48
เล่าแตก	7.58±0.52	6.97±0.57	6.82±0.63	7.11±0.63
แดง	7.35±0.49	7.30±0.45	7.03±0.55	7.20±0.54
หวัน 1	7.13±0.61	7.26±0.50	6.97±0.42	6.97±0.65

หมายเหตุ: 1) ค่าที่แสดงเป็นคะแนนเฉลี่ยจากผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ns คือ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 และ 5 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้บริโภครวมไปจำนวน 50 คน ซึ่งเป็นนักศึกษา และบุคลากรในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา โดยทดสอบปลาต้มทั้งที่ไม่ผ่านการทอด และผ่านการทอด จากผลการทดลองพบว่า คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของตัวอย่างทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ปลาต้มเป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักที่ได้รับความนิยมรับประทานกันอย่างกว้างขวาง จัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นเอกลักษณ์ดั้งเดิมของคนไทย คุณภาพของปลาต้มนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่ใช้ อาทิเช่น พันธุ์ของปลา ข้าว และสภาวะแวดล้อมในการผลิต เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบที่สำคัญที่มีผลต่อรสชาติ และกลิ่นของปลาต้ม คือ ข้าวสุก โดยอาจจะเป็นข้าวเจ้าหุงสุกหรือข้าวเหนียวหนึ่งก็ได้ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการหมักปลาต้มจากปลานิลด้วยข้าวเหนียว 5 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเหนียว กข 6 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ข้าวเหนียวแดง ข้าวเหนียวเล่าแตก และข้าวเหนียวหวัน 1 ซึ่งประกอบไปด้วยข้าวที่นิยมบริโภคอยู่แล้ว (ข้าวทางการค้า) และข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีการส่งเสริมให้เพาะปลูก และบริโภคมากขึ้น โดยได้ทำการศึกษาค่าประกอบทางเคมีพื้นฐาน สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compounds) และกิจกรรมในการต้านการเกิดออกซิเดชัน (antioxidant activities) ของข้าว รวมทั้งศึกษาผลของพันธุ์ข้าวต่อการเกิดกลิ่นหืนในปลาต้มระหว่างการหมัก และการยอมรับของผู้บริโภค

งานวิจัยนี้นำข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ มาวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานพบว่า ข้าวมีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเถ้า (แร่ธาตุ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำไปเป็นส่วนผสมของปลาต้มอาจจะทำให้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีคุณภาพที่แตกต่างกันตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส จากรายงานของ Oka *et al.* (2012) พบว่าเมล็ดข้าวของไนจีเรียโดยทั่วไปจะมีปริมาณความชื้นประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ แบ่งอยู่ในช่วง 75-80 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุอีกหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส รวมทั้งพบเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสอีกเพียงเล็กน้อย นอกจากนั้น Verma and Srivastav (2017) พบว่า ในข้าวของอินเดีย 8 พันธุ์ มีปริมาณความชื้น โปรตีน

ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในช่วง 8.90-13.57 6.87-9.51 0.06-0.92 0.35-0.73 และ 75.87-82.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับข้าวที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยข้าวมีสีโดยทั่วไปจะมีคุณค่าทางโภชนาการที่สูงกว่าข้าวขาว เนื่องจากมีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุค่อนข้างสูง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sompong *et al.* (2011) โดยพบว่า ข้าวมีสีของไทย 8 พันธุ์ มีปริมาณโปรตีน ไขมัน และเถ้าอยู่ในช่วง 7.16-10.85 2.37-3.72 และ 1.33-1.50 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณสารสำคัญ และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งข้าวพันธุ์ที่มีสีแดงจะมีปริมาณสารสำคัญ (แอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลิก) และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH และ FRAP) สูงกว่าข้าวขาว โดยความสัมพันธ์ของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และแอนโทไซยานินทั้งหมดกับกิจกรรมในการต้านอนุมูลอิสระของตัวอย่างข้าวมีค่าค่อนข้างสูง โดยมีค่า R^2 มากกว่า 0.8 โดยองค์ประกอบ และคุณสมบัติข้างต้นอาจมีส่วนช่วยในการลดอัตราการเกิดกลิ่นหืนในปลาสดในระหว่างการหมัก และการเก็บรักษาได้ รวมทั้งอาจมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคในด้านกลิ่น รส ปัจจุบันข้าวมีสีได้รับความนิยมในการบริโภคมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคทราบถึงคุณประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้รับจากการรับประทานเป็นประจำ โดยข้าวมีสีประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารประกอบกลุ่มฟีนอล สารที่พบมากที่สุด คือ สารประกอบแอนโทไซยานิน ได้แก่ peonidin, peonidin 3-glucoside และ cyanidin 3-glucoside ซึ่งสารกลุ่มนี้จะให้สีม่วง-แดงในเมล็ดข้าว โดยมีรายงานว่าสารสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวมีความสามารถในการลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือมีฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระได้เป็นอย่างดี (Itani and Ogawa, 2004; Shen *et al.*, 2009) จากงานวิจัยของ Sompong *et al.* (2011) พบว่า ข้าวมีสี 8 พันธุ์ของไทย มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และแอนโทไซยานินทั้งหมดอยู่ในช่วง 336.69-691.37 และ 0.60-256.61 mg/100 g ตามลำดับ ในข้าวเหนียวดำจะมีปริมาณ peonidin 3-glucoside และ cyanidin 3-glucoside สูงมาก ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 11.07-12.75 และ 19.39-137.41 mg/100 g ตามลำดับ นอกจากนี้จากวิเคราะห์ฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน พบว่า ข้าวมีสีทั้งหมดมีค่า DPPH inhibition เท่ากับ 12.99-30.25 เปอร์เซ็นต์ ค่า FRAP value เท่ากับ 3.65-8.08 mmol FeSO₄/100 g และค่า TEAC เท่ากับ 4.84-12.29 mmol Trolox/100 g ซึ่งปริมาณ และคุณสมบัติดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Pengkumsri *et al.* (2015) ในข้าวมีสีที่เพาะปลูกบนพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย โดยจะเห็นได้ชัดว่าค่าที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับข้าวเหนียวทั้ง 5 พันธุ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ปลา และผลิตภัณฑ์จากปลาที่มีการสูญเสียคุณภาพได้อย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน และไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาที่มีปริมาณ *n-3* polyunsaturated fatty acids (PUFA) สูงซึ่งสามารถเกิดปฏิกิริยาเพอออกซิเดชัน (Peroxidation) ได้เป็นสารกลุ่มแอลดีไฮด์ได้อย่างรวดเร็ว ปฏิกิริยาดังกล่าวนอกจากจะทำให้เกิดกลิ่นหืนที่ไม่พึงประสงค์แล้ว ยังมีผลด้านลบต่อลักษณะปรากฏด้านสี และการยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย (Sampels, 2013) TBA เป็นค่าที่บ่งชี้การเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไป โดยปริมาณ TBA ที่ผู้บริโภคจะสามารถรับรู้ได้ คือ 20 mg Malonaldehyde/kg ขึ้นไป จากผลการทดลองนี้พบว่า ค่า TBA ของปลาสดมีค่าเพิ่มขึ้นในระหว่างการหมัก เมื่อหมักครบ 3 วัน ปลาสดผสมข้าวเหนียวแดงจะมีค่า TBA ต่ำที่สุด แสดงว่า พันธุ์ข้าวมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืนของปลาสด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ

ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ และประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH และ FRAP) ของข้าว (ตารางที่ 2) เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสามารถลดหรือยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และเพ้อออกซิเดชันได้ถึงแม้จะมีปริมาณน้อย โดยจะทำหน้าที่จับออกซิเจน และยับยั้งการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์บางชนิด เช่น เอนไซม์ไลเปส ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสารให้กลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันหรือน้ำมันเป็นองค์ประกอบ (Sampels, 2013) จากงานวิจัยของ Naseri *et al.* (2011) พบว่า ค่า TBA ของเนื้อปลาในน้ำเกลือ และน้ำมันเมล็ดทานตะวันบรรจุกระป๋องมีค่าเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ Medina *et al.* (1998) พบว่า สารประกอบฟีนอลในน้ำมันมะกอก และสารโทโคฟีรอลในน้ำมันถั่วเหลือง สามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อปลาทูน่าในน้ำมันได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมเครื่องเทศหรือพืชอื่น ๆ ที่มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสามารถชะลอการเกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์อาหารจากปลาได้

สรุปข้อมูลจากงานวิจัยนี้พบว่า ข้าวเหนียวพันธุ์ต่าง ๆ มีปริมาณองค์ประกอบเคมีพื้นฐานหรือสารอาหาร สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ (วิธี DPPH และ FRAP) ที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวเหนียวแดง ซึ่งมีปริมาณไขมัน แร่ธาตุ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด แอนโทไซยานินทั้งหมด และกิจกรรมในการยับยั้งอนุมูลอิสระสูงที่สุด และจากการวิเคราะห์หาค่า TBA ในตัวอย่างเมื่อหมักครบ 3 วัน พบว่า ปลาสดที่ผ่านการหมักผสมกับข้าวเหนียวแดงมีค่า TBA ต่ำที่สุด และมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการหมักร่วมกับข้าวเหนียวพันธุ์อื่น ๆ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ปลาสดที่ไม่ผ่านการทอดและผ่านการทอดมีคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาในเรื่องของการเกิดกลิ่นหืนในตัวอย่างในระหว่างการหมักพบว่า ตัวอย่างปลาสดที่หมักผสมกับข้าวเหนียวแดงมีคุณภาพด้านกลิ่นดีที่สุด และเหมาะสมที่จะนำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะต่าง ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองบริหารงานวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. (2559). “ปลาสด” เสน่ห์ความเปรี้ยวสู่การผลิตอาหารปลอดภัยมีโอกาเป็นอาหารสมอง. สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2561, จาก: <https://www.kku.ac.th/news/v.php?q=0011899&l=th>.
- พิทยา ใจคำ ญัฐธยาน์ บัวอูย และแดนชัย เครื่องเงิน. (2560). คุณลักษณะบางประการของปลาสดที่มีส่วนผสมของข้าวพื้นเมืองของไทยสายพันธุ์ต่าง ๆ. *สัปดาห์: วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สททว.)*, 4(2), 23-34.

- พิทยา ใจคำ และรัชณี แก้วจินดา. (2560). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาซั่มในระหว่างการหมักร่วมกับโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ที่ระดับแตกต่างกัน. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12(3), 37-53.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2557). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “ปลาซั่ม”*: (มผช. 26/2557). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สิรินดา ยุ่นฉลาด สุกานดา วิชิตพันธุ์ งามนิจ นนทโส และพิกุลทอง ขอเพิ่มทรัพย์. (2548). การเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์และทางเคมีระหว่างกระบวนการหมักปลาซั่มที่เป็นผลิตภัณฑ์ปลาหมักของไทย. *วารสารวิจัย มช.*, 10(3), 188-198.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. (17th ed). Maryland: Association of Official Analytical Chemists
- Benzie, I.F.F. and Stain, J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power; the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76.
- Chaikham, P., Prangthip, P. and Seesuriyachan, P. (2016). Ultra-sonication effects on quality attributes of maoberry (*Antidesma bunius* L.) juice. *Food Science and Technology Research*, 22(5), 647-654.
- Hu, C. and Zawistowski, J. (2003). Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 51(18), 5271-5277.
- Hu, Y., Xia, W. and Ge, C. (2008). Characterization of fermented silver carp sausages inoculated with mixed starter culture. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 730-738.
- Ichikawa, H. and Ichianagi, T. (2001). Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. *Journal of Medicine and Food*, 4(4), 211-218.
- Itani, T. and Ogawa, M. (2004). History and recent trends of red rice in Japan. *Japanese Journal of Crop Science*, 73(2), 137-147.
- Medina, I., Sacchi, R., Biondi, L., Aubourg, S.P. and Paolillo, L. (1998). Effect of packing media on the oxidation of canned tuna lipids. Antioxidant effectiveness of extra virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(3), 1150-1157.
- Naseri, M., Rezaei, M., Moieni, S., Hosseini, H. and Eskandari, S. (2011). Effects of different filling media on the oxidation and lipid quality of canned silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 1149-1156.

- Oko, A.O., Ubi, B.E., Efiue, A.A. and Dambaba, N. (2012). Comparative analysis of the chemical nutrient composition of selected local and newly introduced rice varieties grown in Ebonyi State of Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 2(2), 16-23.
- Pengkumsri, N., Chaiyasut, C., Saenjum, C., Sirilun, S., Peerajan, S., Suwannalert, P., Sirisattha, S. and Sivamaruthi, B.A. (2015). Physicochemical and antioxidative properties of black, brown and red rice varieties of northern Thailand. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(2), 331-338.
- Sampels, S. (2013). *Food Industry. Chapter 6 Oxidation and antioxidants in fish and meat from farm to fork*. Retrieved 18 February 2018, from: <https://www.intechopen.com/books/food-industry/oxidation-and-antioxidants-in-fish-and-meat-from-farm-to-fork>.
- Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y. and Bao, J. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. *Journal of Cereal Science*, 49(1), 106-111.
- Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, E. (2011). Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chemistry*, 124, 132-140.
- Verma, D.K. and Srivastav, P.P. (2017). Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic Indian rice. *Rice Science*, 24(1), 21-31.