

การพัฒนาเทมเป้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิรัต

Development of tempeh for the production of a vegetarian food product

วชิราณี ศรีนวน และ พัชราภรณ์ ถมกึ่ง

Wicharinee Sreenuan and Patcharaporn Thomking

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นศึกษาการผลิตอาหารมังสวิรัต (ปลาเค็มเจ) โดยใช้เทมเป้ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักถั่วเหลืองด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* สายพันธุ์ NRRL 2710 เป็นการพัฒนาและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ และเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค โดยการเลี้ยงเชื้อราที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 ชั่วโมง จากการศึกษาการผลิตปลาเค็มเจสูตรมาตรฐานโดยใช้ส่วนผสมของเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ในการผลิต พบว่าองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ปริมาณความชื้น ไขมัน เส้นใย โปรตีนและคาร์โบไฮเดรต มีค่าร้อยละ 7.78 4.80 55.10 3.95 11.51 และ 16.81 ตามลำดับ เมื่อนำเทมเป้มาทดแทนเต้าหู้ยี้ในอัตราส่วนร้อยละ 15 25 และ 35 ต่อน้ำหนักเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม พบว่าปลาเค็มเจสูตรทดแทนด้วยเทมเป้ร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด จึงนำปลาเค็มเจสูตรทดแทนร้อยละ 25 มาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณความชื้น ไขมัน เส้นใย โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตมีค่าร้อยละ 13.78 6.89 5.46 57.33 4.15 และ 12.36 ตามลำดับ

คำสำคัญ : เทมเป้, อาหารมังสวิรัต (ปลาเค็มเจ), *Rhizopus oligosporus*

Abstract

This research studied the process of vegetarian food (vegetarian salt fish) called soy bean tempeh fermented by *Rhizopus oligosporus* NRRL 2710 and incubated at 30 °C for 21 h, which developed a new product and new alternatives for consumer. The process of standard vegetarian salt fish formula used 5.5 g of bean curd. The chemical composition of vegetarian salt fish was analyzed. The contents of moisture, ash, fat, fiber, protein and carbohydrate were 7.78%, 4.80%, 55.10%, 3.95%, 11.51% and 16.81% (w/w), respectively. Bean curd of vegetarian salt fish formula was substituted with tempeh in 15%, 25% and 35% (5.5 g bean curd basis) From the sensory evaluation, it found that 25% substitution of tempeh accepted from panalist. The chemical composition of bean curd of vegetarian salt fish was analyzed. The result shown that the contents of moisture, ash, lipid ,fiber, protein and carbohydrate were 6.89, 5.46, 57.33, 4.15, 12.36 and 13.78%, respectively.

Keyword : tempeh, vegetarian salt fish, *Rhizopus oligosporus*

pop_wicharinee@hotmail.com

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

Department of Food Technology, Faculty of Science, Siam University

คำนำ

เทมเป้ (Tempeh) เป็นอาหารหมักพื้นบ้านที่นิยมรับประทานกันมากของชาวอินโดนีเซีย ซึ่งได้จากการนำเอาถั่วเหลืองที่แช่น้ำไว้แล้วกะเทาะเปลือกออก และนำมาหมักด้วยเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* จนกระทั่งถั่วเหลืองจับกันเป็นก้อนและมีเส้นใยสีขาวปกคลุมหนาแน่น [1] ถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารที่มีโปรตีนและสารอาหารสูง แต่เมื่อถั่วเหลืองผ่านการหมักเป็นเทมเป้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในถั่วเหลืองทำให้คุณค่าทางโภชนาการในถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เช่น วิตามินบี 12 [2-3] นอกจากนี้เทมเป้ยังเป็นอาหารที่ไม่มีคอเลสเตอรอล เนื่องจากมีปริมาณไขมันอิ่มตัวต่ำแต่ในขณะเดียวกันก็มี lecitin ร่วมกับ essential polyunsaturated fatty acid เช่น linoleic acid และ linolenic acid ในปริมาณมากซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวผสมที่เรียกว่า emulsifier และกำจัดการสะสมคอเลสเตอรอลและกรดไขมันอื่นๆ ตามอวัยวะและกระแสโลหิต ยิ่งกว่านั้นเชื้อรา *R. oligosporus* ที่ใช้ในการหมักเทมเป้ สามารถผลิต heat-stable antibacterial agents ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสารปฏิชีวนะเช่น เพนนิซิลลิน ซึ่งมีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคโดยเฉพาะพวกแบคทีเรียแกรมบวก และเชื้อราออกไปทำลายกลิ่นรส และเอนไซม์ที่ไม่ต้องการด้วย [4] นอกจากนี้เทมเป้ยังถูกย่อยสลายได้ง่าย มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่นุ่ม เพิ่มค่าองค์ประกอบของสารอาหารในเทมเป้มากกว่าถั่วเหลืองทั่วไป เทมเป้ที่ทำจากถั่วเหลืองมีรสอร่อย กลิ่นดีและย่อยได้ง่ายขึ้น วิธีการทำสะดวก ใช้ระยะเวลาอันสั้น ดังนั้นเทมเป้จัดเป็นอาหารมังสวิวัติที่ได้รับความนิยมสูงในต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย นำเทมเป้ไปใช้จัดการควบคุมเกี่ยวกับโรคอหิวาห์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ทารกอายุต่ำกว่า 5 ปี มีอัตราการตายสูงมาก และยังใช้เทมเป้เพื่อป้องกันโรคขาดสารอาหาร (malnutrition) ในเด็กวัยก่อนเรียน จึงมีงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่ทำการศึกษถึงสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราเพื่อผลิตเทมเป้จากถั่วเหลือง กากถั่วเหลือง ถั่วลิสง และธัญพืชชนิดอื่นๆ ด้วย รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการของเทมเป้ [5-10] โดยการนำเทมเป้มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนเนื้อสัตว์มาใช้ประกอบอาหารควา ได้แก่ ข้าวตั้งหน้าตั้ง ผัดพริกขิงเทมเป้ แกงเทโพเทมเป้ ต้มข่าเทมเป้ และแกงจืดเทมเป้ ได้กรอกเบรียวเสริมเทมเป้เสริมถั่วลิสงอบแห้ง เป็นต้น [5-6] หรือนำมาใช้ผลิตแป้งเทมเป้เพื่อผลิตขนมอบต่างๆ เช่น โดนัท คุกกี้ เป็นต้น อย่างไรก็ตามความนิยมการบริโภคเทมเป้ในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก และยังมีผู้คนมากมายที่ยังไม่รู้จักเทมเป้ [11] ดังนั้น การนำเทมเป้มาผลิตเป็นอาหารมังสวิวัติจึงมีความเป็นไปได้สูง เนื่องจากอาหารมังสวิวัติเป็นอาหารที่ปราศจากเนื้อสัตว์ทุกประเภทและส่วนใหญ่มักทำมาจากการแปรรูปถั่วเหลืองเป็นส่วนใหญ่ เหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเทมเป้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารมังสวิวัติ (ปลาเค็มเจ) ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษามาก่อน โดยนำเทมเป้มาทดแทนวัตถุดิบดั้งเดิมในการผลิตปลาเค็มเจได้แก่ เต้าหู้ยี้ ซึ่งมีการนำเข้าจากต่างประเทศ จึงเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค และเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. ถั่วเหลือง
2. เชื้อรา *Rhizopus oligosporus* NRRL สายพันธุ์ 2710

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การผลิตเห็บ
2. อุปกรณ์การผลิตปลาเค็มเจ
3. อุปกรณ์การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสารละลายสปอร์

ในงานวิจัยนี้ใช้เชื้อรา *Rhizopus oligosporus* NRRL สายพันธุ์ 2710 นำมาเลี้ยงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อคือ Potato Dextrose Agar โดยบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสนาน 5 วัน จากนั้นเติม 0.85% NaCl ลงไปให้ท่วมสปอร์ ใช้ห่วงถ่ายเชื้อ (loop) ที่ลนไฟแล้วขูดสปอร์ออกมา หลังจากนั้นนำมานับเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นด้วย haemocytometer จำนวนเชื้อที่นำมาใช้ควรมีประมาณ 10^6 - 10^8 spore ml⁻¹ จากนั้นนำสารละลายสปอร์นี้ไปใช้ในข้อที่ 2 ต่อไป

2. การศึกษาหาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมต่อการผลิตเห็บ

นำถั่วเหลืองล้างน้ำให้สะอาดเพื่อกำจัดฝุ่นละอองหรือเศษผงต่างๆ จากนั้นแช่ในน้ำที่สะอาดพอท่วมเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 24 ชั่วโมง เทน้ำที่แช่ถั่วเหลืองทิ้งไปจากนั้นนำถั่วเหลืองที่ได้ล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้งแล้วนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นนำมาเกลี่ยบนภาดอลูมิเนียมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเติมสารละลายสปอร์ที่เตรียมไว้จากข้อที่ 1 ลงไปผสมให้เข้ากันปิดทับด้วยอลูมิเนียมฟลอยด์ที่เจาะรู [1,12] ทำการเก็บตัวอย่างที่ระยะเวลาการหมักดังนี้ คือ 0 15 21 24 ชั่วโมงตามลำดับ พร้อมทั้งควบคุมอุณหภูมิการเลี้ยงที่ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นเลือกสภาวะการหมักที่เหมาะสมที่สุดโดยดูจากลักษณะของเห็บที่เกิดขึ้น เพื่อทำไปใช้ในการผลิตปลาเค็มสูตรทดแทนด้วยเห็บต่อไป

3. การศึกษาปริมาณที่เหมาะสมในการใช้เห็บทดแทนเต้าหู้ยี้ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเจ

3.1 การผลิตปลาเค็มเจสูตรมาตรฐาน

การผลิตปลาเค็มเจสูตรมาตรฐาน ทำได้โดยนำฟองเต้าหู้มาตัดให้มีขนาดยาว 16 นิ้ว กว้าง 1.5 นิ้ว วางบนภาดอลูมิเนียมนำเต้าหู้ยี้บดละเอียดจำนวน 5.5 กรัมมาทาบนฟองเต้าหู้ด้วยพู่กันแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปทอด

3.2 การผลิตปลาเค็มเจสุตรทดแทนด้วยเทมเป้

นำเทมเป้จากข้อที่ 2 มาทดแทนเต้าหู้ยี้ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานดังวิธีการผลิตในข้อที่

3.1 โดยทำการแปรผันปริมาณเทมเป้ ดังนี้ ร้อยละ 15 25 และ 35 (w/w) ต่อปริมาณเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ตามลำดับ

3.3 การวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทน

นำปลาเค็มเจสุตรทดแทนด้วยเทมเป้ ทั้ง 3 สูตร มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมโดยวิธี 9–point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 30 คน และนำข้อมูลมาทดสอบทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS

4. การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์

นำผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทนด้วยเทมเป้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เถ้า ไขมัน โปรตีน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต โดยวิธีของ AOAC [13]

ผลและวิจารณ์

1. ผลระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมการผลิตเทมเป้

จากผลการทดลองหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการผลิตเทมเป้ โดยการนำเชื้อรา *Rhizopus oligosporus* NRRL 2710 ที่ความเข้มข้นของสปอร์ 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตรไปเลี้ยงในถั่วเหลืองที่เตรียมไว้ โดยการแปรผันอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียสและเวลาการเลี้ยงเชื้อที่ 0 15 21 และ 24 ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่าชั่วโมงที่ 0 ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือไม่มีการสร้างเส้นใยของเชื้อรา ต่อมาในชั่วโมงที่ 15 พบว่าเริ่มมีการสร้างเส้นใยของเชื้อราเกิดขึ้นเล็กน้อยบนถั่วเหลืองและมีกลิ่นของถั่วเหลืองไม่มากนัก เมื่อเวลาการบ่มที่ 21 ชั่วโมง พบว่า เส้นใยของเชื้อราเจริญบนถั่วเหลือง ซึ่งเป็นลักษณะทางกายภาพที่ดีที่สุด คือ มีเส้นใยสีขาวของเชื้อราปกคลุมเมล็ดถั่วเหลืองหนาจนเมล็ดถั่วเกาะเป็นแผ่นเดียวกันแต่ยังคงมองเห็นเมล็ดถั่ว และยังคงมีกลิ่นหอมของถั่วเหลืองหมักซึ่งเป็นกลิ่นเฉพาะของเทมเป้ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ปรากฏว่ามีสปอร์สีดำเกิดขึ้นและเส้นใยเริ่มยุบตัวลงและเกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ [14] เนื่องจาก เชื้อราสายพันธุ์นี้เจริญได้เร็ว เมื่อระยะเวลาบ่มมากขึ้นจะมีการสร้างสปอร์ของเชื้อราและแบคทีเรียชนิดอื่นๆ เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังมีการผลิตแอมโมเนียซึ่งเป็นพิษต่อผู้บริโภค [15] ดังนั้นอุณหภูมิและระยะเวลาในการเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิตเทมเป้ ได้แก่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เวลาการบ่ม 21 ชั่วโมงจึงเหมาะสมที่สุดต่อการผลิตเทมเป้



(ก) 0 ชั่วโมง



(ข) 15 ชั่วโมง



(ค) 21 ชั่วโมง



ภาพที่ 1 ลักษณะการเจริญของเชื้อรา *R. oligosporus* N เวลาการเลี้ยงเชื้อที่ 0 15 21 และ 24 ชั่วโมง

2. การผลิตปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสูตรทดแทนด้วยเทมเป้

จากการทดลองผลิตปลาเค็มเจสุตรมาตรฐาน ปลาเค็มที่ได้มีลักษณะสีเหลืองมีความกรอบและมีความเค็ม จากนั้นนำเทมเป้มาทดแทนเต้าหู้ยี้ในผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเจสุตรมาตรฐาน โดยการแปรผันปริมาณเทมเป้ร้อยละ 15 25 35 (w/w) ต่อเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า สูตรที่ใช้เทมเป้ร้อยละ 15 ต่อเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ปลาเค็มเจที่ได้มีลักษณะสีเหลืองมีความกรอบและมีความเค็มเล็กน้อย สูตรที่ใช้เทมเป้ร้อยละ 25 ต่อเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ปลาเค็มเจที่ได้มีลักษณะสีเหลืองมีความกรอบและมีความเค็มลดลงเล็กน้อยแต่เนื้อสัมผัสดีขึ้น สูตรที่ใช้เทมเป้ร้อยละ 35 ต่อเต้าหู้ยี้ 5.5 กรัม ปลาเค็มเจมีลักษณะสีเหลือง มีความกรอบและมีความเค็มลดลงมากกว่าทดแทนที่ร้อยละ 15 และ 25



(ก) สูตรมาตรฐาน



(ข) สูตรทดแทนร้อยละ15



(ค) สูตรทดแทนร้อยละ 25



(ง) สูตรทดแทนร้อยละ 35

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของปลาเค็มเจสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนด้วยเทมเป้ร้อยละ 15 25 และ 35

3. ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสปลาเค็มเจสูตรทดแทนด้วยเทมเป้

นำปลาเค็มเจสูตรมาตรฐานและสูตรทดแทนด้วยเทมเป้ร้อยละ 15 25 และ 35 มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9- point –Hedonic scale และใช้ผู้ทดสอบชิม 30 คน ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า

ตารางที่ 1 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point –Hedonic scale

ร้อยละการทดแทน เทมเป้ในปลาเค็มเจ	คะแนนทดสอบทางประสาทสัมผัส				
	สูตรมาตรฐาน	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
15		6.00 ^b ± 0.61	5.23 ^b ± 0.71	6.63 ^a ± 0.82	6.06 ^b ± 0.70
25		6.96 ^a ± 0.62	6.76 ^a ± 0.72	6.63 ^a ± 0.89	7.03 ^a ± 0.81
35		6.23 ^a ± 0.88	6.23 ^a ± 0.68	6.00 ^b ± 0.60	6.23 ^a ± 0.53

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากการทดลอง 3 ซ้ำ
 ประเมินผลการทดสอบทางสถิติใช้วิธี One way ANOVA โดยใช้โปรแกรม SPSS
 a,b... ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (≤ 0.05)

ด้านกลิ่น การแปรปริมาณเทมเป้ในปริมาณต่างๆ มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยระดับคะแนนเทมเป้ที่ใช้ทดแทนเต้าหู้ร้อยละ 15 25 และ 35 ผลิตรสชาติที่มีคะแนนสูงสุดคือ สูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.96 รองลงมาคือสูตรทดแทนเทมเป้ร้อยละ 35 และ 15 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.23 และ 6.00 ตามลำดับ

ด้านรสชาติ ผลิตรสชาติที่มีคะแนนสูงสุดคือ สูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.76 รองลงมาคือสูตรทดแทนร้อยละ 35 และ 15 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.23 และ 5.23 ตามลำดับ

ด้านเนื้อสัมผัส ผลิตรสชาติที่มีคะแนนสูงสุดคือ สูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 และ 15 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.63 รองลงมาคือสูตรทดแทนร้อยละ 35 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.00

ด้านความชอบโดยรวม ผลิตรสชาติที่มีคะแนนสูงสุดคือ สูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.96 รองลงมาคือสูตรทดแทนร้อยละ 35 และ 15 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 6.23 และ 6.06 ตามลำดับ

เมื่อนำผลทั้งด้านกลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มาประเมินทางสถิติจะเห็นได้ว่าปลาเค็มเจสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 และ 35 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างกับสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 15 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลด้านเนื้อสัมผัสมาประเมินทางสถิติ พบว่าปลาเค็มเจสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 มีความแตกต่างกับสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 35 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีความแตกต่างกับสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 15 อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อพิจารณาด้านรสชาติ กลิ่นและความชอบโดยรวม พบว่า ปลาเค็มเจสูตรที่ใช้เทมเป้ทดแทนร้อยละ 25 และ 35 ผู้บริโภคให้การยอมรับดีกว่าสูตรทดแทนร้อยละ 15 อย่างไรก็ตาม เนื้อสัมผัสของสูตรทดแทนร้อยละ 25 มีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าสูตรทดแทนร้อยละ 35 ทำให้สูตรทดแทนร้อยละ 25 เป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิต จึงนำสูตรทดแทนร้อยละ 25 ไปวิเคราะห์หาร้อยละขององค์ประกอบทางเคมีต่อไป

4. ผลเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทนด้วยเทมเป้

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทนด้วยเทมเป้ ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต มีค่าใกล้เคียงกันมาก อาจเป็นเพราะว่าเต้าหู้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปลาเค็มเจทำมาจากถั่วเหลืองเหมือนเทมเป้ที่ใช้ทดแทนเต้าหู้ ทำให้คุณค่าทางโภชนาการไม่ต่างกัน และผลิตภัณฑ์ปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทนด้วยเทมเป้ ต่างก็นำมาทอดด้วยน้ำมันก่อนนำมาวิเคราะห์ จึงทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีค่าใกล้เคียงกันด้วย

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของปลาเค็มเจสุตรมาตรฐานและสุตรทดแทนทดแทนด้วยเทมเป้

ร้อยละองค์ประกอบทางเคมี	ปลาเค็มเจสุตรมาตรฐาน	ปลาเค็มเจสุตรทดแทน
ความชื้น	7.78 ±0.66	6.89 ±0.72
เถ้า	4.80 ±1.82	5.46 ±0.72
ไขมัน	55.10 ±1.02	57.33 ±0.38
เส้นใย	3.96 ±0.04	4.15 ±0.15
โปรตีน	11.51 ±0.26	12.36 ±0.19
คาร์โบไฮเดรต	16.81±0.27	13.78 ±0.21

หมายเหตุ ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) จากการทดลอง 3 ซ้ำ

สรุปผลการทดลอง

การผลิตอาหารมังสวิรัต (ปลาเค็มเจ) โดยใช้เทมเป้ถั่วเหลืองทดแทนเต้าหู้ ถือได้ว่าเป็นการพัฒนาและเพิ่มความหลากหลายผลิตภัณฑ์ รวมถึงทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคอาหารมังสวิรัต ทั้งยังช่วยลดการนำเข้าเต้าหู้จากต่างประเทศ โดยในงานวิจัยครั้งนี้ พบว่า เมื่อนำเทมเป้มาทดแทนเต้าหู้ในอัตราส่วนร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ในขณะที่เดียวกันคุณค่าทางโภชนาการของปลาเค็มเจ ยังใกล้เคียงกับสุตรมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

- วราวุฒิ ศรุตสง. 2530. เรามารู้จักกับเทมเป้กันดีกว่า. เอกสารประกอบนิทรรศการ “ลาดกระบัง” ครั้งที่ 4 คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : 68-73
- อมรรัตน์ เจริญชัย. วารสารคหเศรษฐศาสตร์. ฉบับที่ 2 มิถุนายน 2527 : 65-66
- Shurtleff W., Aoyagi A.1979. The book of tempeh a super soyfood from Indonesia :176-180
- พิชญ์อร วนาอินอินทรายุทธ และ วราวุฒิ ศรุตสง. 2535. การเสริมกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายในเทมเป้. อาหารปีที่ 22 ฉบับที่ 1 : 18-23

5. จริยาภรณ์ จรุงจิต น.ส.เบญญาทิพย์ ดาวกระจ่าง และ ปิไลันธนา รุ่งเรือง . 2543. เทมเป้กากั่วเหลือง งานวิจัยตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
6. สุชาติดา สังข์พันธุ์. 2541. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังหน้าตั้งสำเร็จรูปจากเทมเป้ข้าว ถั่วลิสงและงา. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : 9-10
7. Hachmeister. K.A. and Fung. D.Y.C. ,1993 . Tempeh. a mold-modified indigenous fermented food made from soybeans and/or cereal grains. *Critical Reviews in Microbiology*. 19 : 137-188
8. Murata, ki, Ikeh at a, Hideo, and Miyamoto, “studies on The Nutritional Value of Temphe” *Journal of food Science*. 32 (1976) : 580-586
9. Negishi, Y. and Sugahara, T. 1996. Protein content and amino composition of tempeh Prepared from beans of various origins with different seed molds. *Journal ISSAAS*. 2 : 30-42
10. Wang, H.L., E.W. Swain and C.W. Hesseltine, 1975. Mass production of *Rhizopus oligosporus* spores and their application in tempeh fermentation. *Journal of . Food Science*. 40 : 168-170
11. นภา โฉมทอง. 2535. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : 50-60
12. ศุภร วนาอินทรายุธ 2532. การพัฒนาโปรตีนในเทมเป้. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
13. AOAC International. Official Methods of Analysis. AOAC International. 16Th ed. Arlington, Virginia: AOAC International. 2000
14. Liu, K.H. 1997. Soybeans chemistry. technology and utilization . *Chapman Hall Press*. New York : 260-273
15. Sparringa, R.A. and Owens, J.D. 1999. Inhibition of the tempeh mould, *Rhizopus oligosporus* by ammonia. L. *Applied Microbiology*. 29 : 93-96