



การประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในการผลิตปลาต้ม

นันธิดา แดงขาว*, กรวิทย์ สักแกแก้ว**,
มารศรี จันสี*** และโสเมรัมย์ กุล่ากลมจิตร***

Received: June 27, 2024

Revised: November 6, 2024

Accepted: November 6, 2024

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในการผลิตปลาต้ม (2) เพื่อศึกษาปริมาณฮีสตามีนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเลสดก้างภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยทำการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมร่วมกับข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) และหลักการผลิตที่ดี (GMP) สำหรับการหาปริมาณฮีสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้มจากกระบวนการผลิต 5 ขั้นตอน จำนวน 3 ครั้ง/ขั้นตอน ครึ่งละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 45 ตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี แต่ต้องปรับปรุงเรื่องของการฆ่าเชื้อหลังการทำความสะอาดโดยเฉพาะพื้นที่ผิวสัมผัสอาหาร รวมถึงการตรวจประเมินคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำและน้ำแข็งที่ใช้ในกระบวนการผลิต ส่วนการควบคุมปริมาณฮีสตามีนในกระบวนการผลิตปลาต้มทั้ง 5 ขั้นตอน พบว่า ขั้นตอนการหมักที่อุณหภูมิห้อง (30-35 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 วัน มีปริมาณฮีสตามีนสูงที่สุดเท่ากับ 20.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามปริมาณฮีสตามีนอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดตามมาตรฐานองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก การประยุกต์ใช้ระบบต่างๆ ล้วนมีส่วนช่วยให้คุณภาพของปลาต้มมีความปลอดภัยมากขึ้น การควบคุมการปนเปื้อนฮีสตามีนที่มาจากจุลินทรีย์สามารถควบคุมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การควบคุมอุณหภูมิเพื่อควบคุมให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยที่สุด ดังนั้นการผลิตอาหารที่มีมาตรฐานจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนดและปลอดภัยต่อผู้บริโภค

คำสำคัญ: ปลาต้ม / ปลานวลจันทร์ทะเล / ฮีสตามีน / ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

*ผู้รับผิดชอบบทความ: กรวิทย์ สักแกแก้ว คณะศิลปการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี E-mail: korawit.sa@dtc.ac.th

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปการประกอบอาหาร คณะศิลปการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี

**อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปการประกอบอาหาร คณะศิลปการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี

***อาจารย์ สาขาวิชาการจัดการครัวและศิลปการประกอบอาหาร คณะศิลปการประกอบอาหาร วิทยาลัยดุสิตธานี



Application of Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) in Fermented Fish Production

Nantida Dangkhaw*, Korawit Sakkaekaew**,
Marasri Junsri*** and Sommarut Klamklomjit***

Abstract

This study aimed (1) to apply the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system to the production of fermented fish, and (2) to study the amount of histamine generated during fermented debone butterfly fillet milkfish (Pla-Som) production at the Phetchaburi Coastal Aquaculture Research and Development Center, Phetchaburi province. The Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) was performed in conjunction with the requirements of Sanitation Standard Operating Procedure (SSOP) and Good Manufacturing Practice (GMP) for the determination of histamine during the production process of fermented fish from 5 production steps, 3 times/step, 3 replications each time, totaling 45 samples. However, improvements are needed in the disinfection process after cleaning, particularly in food contact surface areas, and the microbial quality assessment of water and ice used in the production process. Regarding the control of histamine levels in the Pla-Som production process, it was found that the fermentation process at room temperature (30-35°C) for 6 days resulted in the highest histamine content (20.42 mg/kg). However, histamine levels are within safety limits as specified by the standards of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Health Organization (WHO). The application of various systems contributes to the safety and quality of the Pla-Som from microbial-derived histamine contamination can be controlled especially, with temperature control being crucial to minimize microbial contamination. Therefore, implementing a standard system for food production will ensure product quality and safety for consumers.

Keywords: Pla-Som / Milkfish / Histamine / Hazard Analysis and Critical Control Points

**Corresponding Author: Korawit Sakkaekaew, Faculty of Culinary Arts, Dusit Thani College, E-mail: korawit.sa@dtc.ac.th*

**Assistant Professor, Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Culinary Arts, Dusit Thani College*

***Instructor, Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Culinary Arts, Dusit Thani College*

****Instructor, Culinary Arts and Kitchen Management, Faculty of Culinary Arts, Dusit Thani College*





1. บทนำ

ปลาสดเป็นอาหารดั้งเดิมในภาคอีสาน ภาคเหนือ และภาคกลางบางจังหวัดของไทย การผลิตปลาสดถือเป็นการถนอมอาหารจากภูมิปัญญาพื้นบ้านที่สืบทอดกันมายาวนาน ปลาที่นิยมใช้ทำปลาสด เช่น ปลาตะเพียน ปลานวลจันทร์ ปลาเยือก ปลาเทโพ เป็นต้น ปลาสด คือ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาผ่านกรรมวิธีการหมักด้วยเกลือ ข้าวเจ้าสุกหรือข้าวเหนียวหนึ่ง อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น กระเทียม พริกไทย จนมีรสเปรี้ยว และที่สำคัญต้องทำให้สุกก่อนรับประทาน ลักษณะปลาสดที่ดีต้องมีความเปรี้ยวที่พอดีเหมาะกับการบริโภค ความเปรี้ยวของปลาสดนั้นมาจากกิจกรรมการหมักจากจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) ซึ่งจัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มใหญ่ที่มีความปลอดภัย บางสายพันธุ์อาจจะมีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติก (Probiotics) และมีประโยชน์ต่อสุขภาพ (พิทยา ใจคำ และรัชณี แก้วจินดา, 2560) ปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*) เป็นปลาที่มีเนื้อมากประมาณร้อยละ 60 ของน้ำหนักตัว รสชาติอร่อย เนื้อแน่นละเอียด เนื้อปลามีโปรตีนประมาณร้อยละ 22 นอกจากนี้เนื้อปลายังมีไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิก รวมทั้งวิตามินและแร่ธาตุที่สำคัญ ได้แก่ วิตามินบีหนึ่ง บีสอง และไนอะซิน (มณีวรรณ วงศ์นอก, 2555) มีปริมาณกรดอะมิโนฮิสติดีน (Histidine) เท่ากับ 344.09 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม (วัชร คงรัตน์ และอรรณพ คงพันธุ์, 2559) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารพิษฮิสตามีน (Histamine) เป็นเหตุให้ผู้บริโภคที่รับประทานผลิตภัณฑ์ที่มีการปนเปื้อนฮิสตามีนเข้าไปในปริมาณมาก ก็จะส่งผลให้เกิดอาการแพ้ เช่น ผื่นคัน หน้าแดง แสบร้อนบริเวณปาก และปวดศีรษะ เป็นต้น (วงศ์ทิพา โรจนประภพ, 2551) การแพ้ฮิสตามีนกำลังเป็นปัญหาทั่วโลกจากการบริโภคอาหารทะเล อันเกิดจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่บนตัวปลาที่มีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวน และสร้างเอนไซม์ฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส (Histidine decarboxylase) ย่อยสลายฮิสติดีนเกิดเป็นสารพิษฮิสตามีน ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียบางชนิดในกลุ่ม Enterobacteriaceae, Clostridium และ Lactobacillus รวมไปถึงแบคทีเรีย *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumoniae*, *Proteus vulgaris* และ *Hafnia alvei* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบทั่วไปในปลา (Kose & Hall, 2010) แบคทีเรียที่ผลิตฮิสตามีนได้ที่เหงือก ผิวหนัง หรือทางเดินอาหารของปลา แบคทีเรียเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าไปในเนื้อปลาซึ่งมีกรดอะมิโนอิสระ และผลิตฮิสตามีนขึ้น แบคทีเรียสามารถเคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในระหว่างการฆ่าและ และการแลเนื้อปลา ปริมาณของฮิสตามีนที่ผลิตขึ้นอยู่กักระดับของกรดอะมิโนอิสระ ซึ่งสัมพันธ์กับสายพันธุ์ของปลา และกิจกรรมของเอนไซม์ฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส (Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2012) ตามมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Commission) และกลุ่มสหภาพยุโรป (European Union) ได้กำหนดตัวบ่งชี้ระดับฮิสตามีนในปลา ผลิตภัณฑ์ปลาและอาหารหมักต้องได้สูงสุดไม่เกิน 200 ppm (Satomi, 2016) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า หลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (Good Manufacturing Practice; GMP) และการนำระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis and Critical Control Point; HACCP) มาใช้อาจจะช่วยลดปัญหาความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ปลาหมักได้อย่างมาก (Chan et al., 2023) ดังนั้นจึงควรควบคุมคุณภาพของปลาและกระบวนการผลิตปลาสด เพื่อลดปริมาณฮิสตามีนให้อยู่ในเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร ระบบ HACCP เป็นการควบคุมการผลิตที่ประกอบด้วยการวินิจฉัย และประเมินอันตรายของอาหารที่อาจเกิดขึ้นกับผู้บริโภคทั้งอันตรายทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค โดยหลักการของระบบ HACCP มี 7 ประการ ประกอบด้วย (1) ดำเนินการวิเคราะห์อันตราย (2) วิเคราะห์จุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (3) กำหนดค่าวิกฤต (4) กำหนดวิธีการตรวจติดตาม (5) กำหนดวิธีปฏิบัติแก้ไข (6) กำหนดวิธีการทวนสอบ และ (7) กำหนดวิธีทำเอกสารและจัดเก็บบันทึกข้อมูล



ซึ่งกระบวนการผลิตปลาสำนั้นมียปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ผลิตฮิสตามีน คือ อุณหภูมิ และเวลา ส่วนปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นและชนิดของเกลือ ภาวะที่มีหรือไม่มีออกซิเจน และความสามารถในการแข่งขันกับจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียอื่นๆ (อำพรพรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 2557) ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องสร้างระบบการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อกำจัด หรือลดสาเหตุที่จะทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค โดยเน้นการป้องกันอันตรายในกระบวนการผลิตมากกว่าการทดสอบที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย (มาตินา น้อยทับทิม และคณะ, 2559) ระบบ HACCP สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร (GMP) ซึ่งเป็นมาตรฐานบังคับสำหรับสถานที่ผลิตอาหาร เพื่อส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์อาหารให้มีคุณภาพ และปลอดภัย (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 342) พ.ศ. 2555 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย, 2555) จากที่กล่าวมาผู้วิจัยต้องการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและควบคุมปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาสำจากปลานวลจันทร์ทะเลลดก้าง รวมถึงนำเสนอแนวทางการควบคุมอันตราย และป้องกันการเกิดจุดวิกฤตในการผลิตปลาสำจากปลานวลจันทร์ทะเลลดก้างอย่างปลอดภัย

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์และจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตปลาสำ
- 2.2 เพื่อศึกษาปริมาณฮิสตามีนในกระบวนการผลิตปลาสำ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมปลานวลจันทร์ลดก้าง

ผู้วิจัยใช้ปลานวลจันทร์ทะเลที่เลี้ยงในบ่อดินของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี ที่ระยะเวลาเลี้ยงนาน 8 เดือน น้ำหนักปลาเฉลี่ยประมาณ 700-800 กรัม/ตัว ขั้นตอนการเตรียมปลานวลจันทร์ลดก้างเริ่มจากขอดเกล็ดปลาแล้วล้างทำความสะอาด ฝ่าหลังให้เหลือท้องติดกัน ควักไส้ แล้วกระดุกแกนกลางขึ้นใหญ่ และตัดครีบปลา เรียกลักษณะการแล่รูปแบบผีเสื้อ (Butterfly fillet) จากนั้นล้างทำความสะอาดปลา ก่อนนำไปแช่น้ำแข็งนาน 1 คืน เพื่อให้เนื้อปลาอ่อนตัวลง ก่อนเข้าสู่กระบวนการลดก้างต้องกรีดเนื้อปลาตามแนวก้างเล็กทั้ง 4 แนว จากนั้นถอดก้างออกได้ปลานวลจันทร์ทะเลไร้ก้าง ทำการเก็บรักษาปลานวลจันทร์ทะเลไร้ก้างแบบแช่แข็ง โดยบรรจุในถุงเย็นชนิดหนา ก่อนปิดผนึกแบบสุญญากาศ แช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส) (นันทิดา แดงขาว และคณะ, 2566)

3.2 ขั้นตอนการผลิตปลาสำจากปลานวลจันทร์ลดก้าง

นำปลานวลจันทร์ทะเลไร้ก้างแช่แข็งมาละลายน้ำแข็งด้วยการนำมาแช่ในตู้เย็น (5 องศาเซลเซียส) 1 คืน ในกระบวนการหมักปลาสำใช้เกลือทาตัวปลาโดยตรงความเข้มข้นร้อยละ 18 (w/w) เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง แล้วนำมาล้างน้ำเพื่อเอาเกลือออก ผึ่งแดดให้สะเด็ดน้ำ แล้วหมักปลากับส่วนผสมอื่นๆ ได้แก่ กระเทียมบดหยาบ ข้าวสวย น้ำตาลทราย น้ำกระเทียมดอง และผงปรุงรสไก่ จากนั้นแช่ตัวปลานาน 15 นาที จากนั้นหมักในถุงสุญญากาศไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30-35 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 วัน (5 คืน) แล้วนำไปศึกษาต่อไป (นันทิดา แดงขาว และคณะ, 2566)

3.3 การประยุกต์ใช้หลักการการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมเพื่อควบคุมปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาสำจากปลานวลจันทร์ทะเลลดก้าง

การประยุกต์ใช้หลักการของระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (Hazard Analysis Critical Control Point: HACCP) โดยใช้ข้อมูลจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮิสตามีนระหว่างการผลิตปลาสำ



เพื่อพิจารณากระบวนการผลิตปลาซมที่เหมาะสม ร่วมกับความเป็นไปได้จากปัจจัยบริบทภายในของสถานที่ผลิตภายในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี โดยคำนึงถึงการผลิตบนพื้นฐานอาหารปลอดภัย ก่อนการประยุกต์สู่มาตรการการหาจุดวิกฤต และวิธีการควบคุมปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาซม ทำการประเมินการปฏิบัติงานตามการประยุกต์ข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (Sanitation Standard Operating Procedure: SSOP) ของวราศรี แสงกระจ่าง และคณะ (2561) ประกอบไปด้วย 8 หัวข้อ ได้แก่ 1) ความปลอดภัยของน้ำ น้ำแข็ง และไอน้ำ 2) สภาพและความสะอาดของพื้นผิวสัมผัสอาหาร 3) การป้องกันการปนเปื้อนข้าม 4) การบำรุงรักษาอุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการล้างมือ การฆ่าเชื้อมือ และห้องสุขา 5) การป้องกันการปนเปื้อนของอาหาร บรรจุภัณฑ์อาหาร และพื้นผิวสัมผัสอาหารจากสิ่งแปลกปลอม 6) การใช้ การเก็บรักษา และการปิดผนึกที่เหมาะสม สำหรับสารเคมีพิษที่ใช้ในโรงงาน 7) การควบคุมสภาพร่างกายและสุขภาพของพนักงาน และ 8) การป้องกันการควบคุมแมลงและสัตว์อื่น พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลสภาพการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตตามหลักการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice: GMP) จำนวน 6 หัวข้อ ได้แก่ 1) สุขลักษณะของสถานที่ตั้งและอาคารผลิต 2) เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต 3) การควบคุมกระบวนการผลิต 4) การสุขาภิบาล 5) การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด และ 6) บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงานของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

วิเคราะห์จุดอันตรายของกระบวนการผลิต (Hazard Analysis) เพื่อกำหนดวิธีการแก้ไขและข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตอาหาร โดยทำการผลิตปลาซมตามวิธีการมาตรฐาน (นันทิดาแดงขาว และคณะ, 2566) ซึ่งมีการควบคุมตัวแปรการผลิตด้วยการใช้ปลานวลจันทร์ทะเลไร้ก้างแช่แข็งที่ผลิตในรอบเดิม ใช้วัตถุดิบเดิมทุกรายการ รวมถึงใช้สถานที่อุปกรณ์ทั้งหมดเหมือนเดิมทุกรายการ พร้อมทั้งติดตามปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อให้มั่นใจว่ากรรมวิธีดังกล่าวสามารถควบคุมปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ที่ได้ให้มีปริมาณน้อยที่สุดและอยู่ในระดับปลอดภัย ซึ่งได้ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (3 รอบการผลิต) ภายในระยะเวลาภายใน 1 เดือน ก่อนทำข้อสรุปเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

3.4 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณฮิสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาซมจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง

วิเคราะห์หาปริมาณกรดอะมิโนฮิสทิดีน (In-house method based on Official Journal of the European Communities โดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด หรือ Central Lab ในวัตถุดิบปลานวลจันทร์ทะเลเริ่มต้น และวิเคราะห์หาปริมาณสารฮิสตามีน (In-house method TE-CH-060 based on AOAC, 2019 โดย Central Lab) ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารฮิสตามีนในระหว่างกระบวนการผลิต โดยเลือกตรวจในขั้นตอนการผลิตที่มีความเสี่ยง หรือเอื้ออำนวยให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ผลิตสารพิษฮิสตามีน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฮิสตามีน โดยทำการทดลองหาปริมาณฮิสตามีนในวัตถุดิบและในระหว่างการผลิต จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 3 ซ้ำ มีตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฮิสตามีนจำนวน 5 ขั้นตอน รวมทั้งหมด 45 ตัวอย่าง ดังนี้ 1) ตัดก้างกลาง-ล่างทำความสะอาดครั้งที่ 2 2) หลังทำละลายในน้ำแข็ง 1 คืน 3) ถอดก้างเล็ก 4 แนว (ก่อนแช่แข็ง 3 เดือน) 4) ก่อนหมักปลากับส่วนผสมอื่น 5) หลังหมักกับส่วนผสมอื่นที่เหลือทิ้งไว้ 5 คืน (ปลาซม) โดยค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)



3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณฮีสตามีน

ขั้นตอนการสกัดฮีสตามีน นำตัวอย่างเนื้อปลาบริเวณต่างๆ (ตัวอย่างที่ได้รับมาทั้งตัว หรือตัวอย่างที่ได้รับมาเพียงบางส่วนจะถูกบดผสมรวมกันให้เป็นเนื้อเดียวกันซึ่งตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์) 5 ± 0.02 กรัม ลงในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมนีเมทานอล (Methanol, AR Grade) ความเข้มข้นร้อยละ 75 จนได้ปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปเข้าเครื่อง Ultrasonicate เป็นเวลา 5 นาที วางในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตร ด้วยเมทานอล (Methanol, AR Grade) ความเข้มข้นร้อยละ 75 จนได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปีเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน Anion exchange resin column แล้วเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ปลอ่ยให้สารละลายไหลจากคอลัม (Column) 3 มิลลิลิตรต่อนาที ลงในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่มี 1 N HCl ปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นครึ่งละปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในคอลัมตลอดระยะเวลา (ระวังอย่าให้เรซิ่นแห้ง) จากนั้นปิดคอลัมเมื่อได้สารละลายปริมาตรเกือบครบ 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 มิลลิลิตร

การทำให้เกิดอนุพันธ์ฮีสตามีน เติม 1 N HCl ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดดูแรน (DURAN) ขนาด 50 มิลลิลิตร (ถ้าเป็น Blank เติม 1 N HCl ปริมาตร 15 มิลลิลิตร) ปีเปตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดดูแรนแล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน เติม 1 NaOH ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ 5 นาที เติมร้อยละ 0.1 OPA ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันวางไว้ในที่มืด เป็นเวลา 4 นาที เติมสารละลาย 3.57 N H_3PO_4 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง Fluorometer ที่ $Ex = 360 \text{ nm}$, $em = 450 \text{ nm}$

4. ผลการวิจัย

4.1 รายละเอียดผลิตภัณฑ์ปลาสดจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง

ผลิตภัณฑ์ปลาสดที่ผลิตได้จะบรรจุในถุงพลาสติกปิดผนึกสุญญากาศพร้อมจำหน่ายแบบแช่แข็ง ขนาดบรรจุ 1 ชิ้น น้ำหนัก 700-800 กรัม ซึ่งจะพัฒนาต่อโดยติดฉลากผลิตภัณฑ์แสดงข้อมูลที่สำคัญดังภาพที่ 1



ข้อมูลทั่วไปของผลิตภัณฑ์

ชื่อผลิตภัณฑ์	ปลาสดจากปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง
คุณสมบัติที่สำคัญ	ไม่ใช้วัตถุกันเสีย
การนำไปใช้	ล้างน้ำสะอาดแล้วซับแห้งก่อนนำไปทอดให้สุก
ชนิดของบรรจุภัณฑ์	ถุงพลาสติกบรรจุสุญญากาศ
อายุการเก็บรักษา	แช่แข็ง -18 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน
คำแนะนำบนฉลาก	ควรละลายน้ำแช่แข็งเพียงครั้งเดียวก่อนนำไปทำให้สุก โดยให้ระบุคำแนะนำในการเก็บรักษา และการบริโภค ที่ฉลากหรือบรรจุภัณฑ์
กลุ่มผู้บริโภค	สามารถรับประทานอาหารทะเลได้ โดยไม่มีประวัติการแพ้ปลา

ภาพที่ 1 ลักษณะและข้อมูลที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ปลาสดจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง



4.2 ผลของการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตปลาสามจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง

ในการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตปลาสามจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง ร่วมกับข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) และข้อมูลสภาพการที่เกี่ยวข้องกับหลักการผลิตที่ดี (GMP) พบว่า ส่วนใหญ่พื้นฐานด้านสุขาภิบาลตาม SSOP ค่อนข้างดี แต่ด้านสภาพความสะอาดของพื้นผิวสัมผัสอาหาร ขาดการทำความสะอาดพื้นที่ก่อนการผลิต และไม่มี การฆ่าเชื้อ หลังการทำความสะอาด ดังตารางที่ 1 ด้าน GMP ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเช่นกัน แต่ต้องปรับปรุงเรื่อง การฆ่าเชื้อ หรือการตรวจประเมินทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำและน้ำแข็งที่ใช้ในกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินสุขาภิบาลเบื้องต้นของกระบวนการผลิตปลาสามตามข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP)

การควบคุมสุขาภิบาลการผลิตอาหารเบื้องต้น	ผลประเมิน	สิ่งที่ตรวจพบ
1. ความปลอดภัยของน้ำ น้ำแข็งและไอน้ำ		
1.1 การตรวจสอบสภาพทั่วไปของระบบท่อน้ำ	✓	
1.2 อุปกรณ์ป้องกันการไหลย้อนกลับของก๊อกน้ำและวาล์ว	✓	
2. สภาพความสะอาดของพื้นผิวสัมผัสอาหาร		
2.1 ความสะอาดและฆ่าเชื้ออุปกรณ์ในกระบวนการผลิต	✗	ทำความสะอาดหลังการผลิตเท่านั้น
2.2 ความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ (คลอรีน 100-200 ppm) ในกระบวนการผลิต	✗	ไม่มีการใช้สารฆ่าเชื้อ
2.3 ถุงมือและผ้ากันเปื้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิตสะอาด และอยู่ในสภาพดี	✓	
3. การป้องกันการปนเปื้อนข้าม		
3.1 มือ ถุงมือ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่สัมผัสสิ่งสกปรกมีการล้าง และฆ่าเชื้อ	✗	ล้างด้วยน้ำยา แต่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ
3.2 พนักงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบหรืออาหารดิบมีการล้าง ฆ่าเชื้อมือ ถุงมือ ชุดคลุมกันเปื้อนก่อนทำงานในส่วนอาหารสุก	✓	เป็นการเตรียมไม่มีการทำสุก
3.3 แยกปลาที่ดิบกับของปรุงสุกชัดเจน	✓	เป็นการเตรียมไม่มีการทำสุก
4. การบำรุงรักษาอุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวก สำหรับการล้างมือ การฆ่าเชื้อมือ และห้องสุขา		
4.1 อ่างล้างมือ/ฆ่าเชื้อมือและห้องสุขามีวัสดุอุปกรณ์การล้างมือ และฆ่าเชื้อที่เพียงพอเหมาะสม	✓	มีอ่างล้างมือต่าง ๆ มีแอลกอฮอล์
4.2 ห้องสุขาสะอาด มีสภาพดี ทำงานปกติ และสิ่งอำนวยความสะดวกเพียงพอต่อการใช้	✓	
5. การป้องกันอาหาร บรรจุภัณฑ์อาหาร และพื้นผิวสัมผัสอาหาร จากการปนเปื้อนของสิ่งแปลกปลอม		
5.1 ผลิตภัณฑ์ได้รับการปกป้องจากการปนเปื้อนจากสิ่งแปลกปลอม	✓	
6. การใช้ การเก็บรักษา และการปิดฉลากสารพิษ		
6.1 สารทำความสะอาด น้ำมันหล่อลื่น และยาฆ่าแมลงมีการใช้ การปิดฉลากและการเก็บรักษาอย่างเหมาะสมถูกต้อง	✓	
7. การควบคุมสภาพร่างกายและสุขภาพของพนักงาน		
7.1 พนักงานไม่แสดงอาการเจ็บป่วยหรือมีบาดแผลติดเชื้อ	✓	





ตารางที่ 1 ผลการประเมินสุขาภิบาลเบื้องต้นของกระบวนการผลิตปลาสดตามข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติ
มาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) (ต่อ)

การควบคุมสุขาภิบาลการผลิตอาหารเบื้องต้น	ผลประเมิน	สิ่งที่ตรวจพบ
8. การป้องกันควบคุมแมลงและสัตว์อื่น		
8.1 แมลงและสัตว์อื่นถูกกำจัดออกจากบริเวณการผลิต	✓	มีอาคารกันมิดชิด

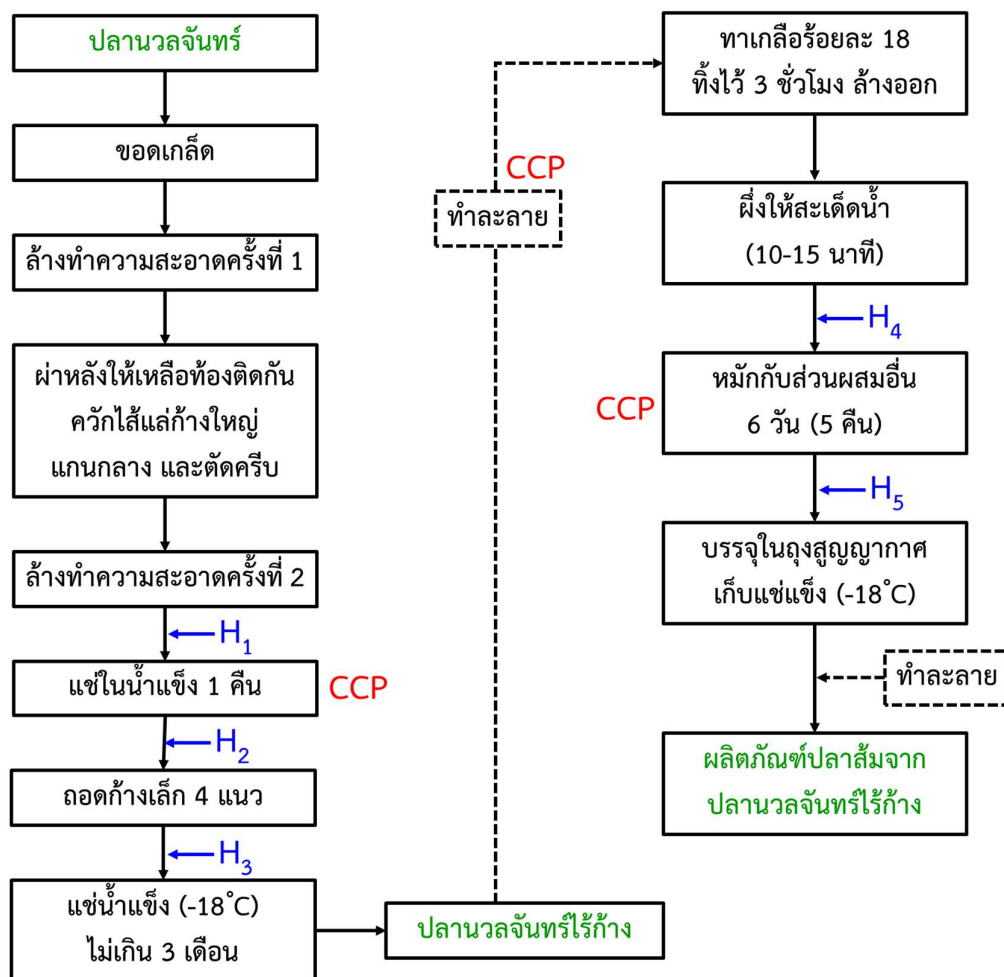
หมายเหตุ : ✓ = ผ่าน และ ✗ = ต้องปรับปรุง

ตารางที่ 2 ข้อมูลสภาพการที่เกี่ยวข้องกับหลักการผลิตที่ดี (GMP) ตามบริบทของศูนย์ฯ

หลักการผลิตที่ดี	ลักษณะที่สังเกตได้
1. สุขลักษณะของสถานที่ตั้งและอาคารผลิต	1.1 ที่ตั้งของตัวอาคารไม่อยู่ในที่อันก่อให้เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย มีฝุ่น ขยะ หรือสิ่งสกปรกที่นำรังเกียจ ไม่มีน้ำขัง และสกปรก รวมถึง มีระบบการระบายน้ำ ที่เหมาะสม สามารถป้องกันแมลงและสัตว์นำโรคได้ 1.2 อาคาร หรือบริเวณที่ผลิต มีการทำความสะอาดอยู่เสมอ และแยกออกเป็นสัดส่วน มีแสงสว่าง และการระบายอากาศ รวมถึงเป็นอาคารที่ ปิดมิดชิด ป้องกันแมลงเข้ามาจากภายนอกได้
2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	2.1 อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นระดับครัวเรือนที่มีการทำความสะอาดได้ และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร ส่วนใหญ่เป็นประเภทพลาสติก และโต๊ะที่สัมผัสอาหารเป็นสแตนเลส ทำความสะอาดได้ง่ายไม่เป็นสนิม
3. การควบคุมกระบวนการผลิต	3.1 วัตถุดิบทั้งปลาที่ฟาร์มควบคุมการเลี้ยงดี ส่วนผสมอื่นมีการคัดคุณภาพดี มีการกำจัดสิ่งสกปรก และล้างทำความสะอาดก่อนใช้ มีการควบคุมปริมาณวัตถุดิบอาหาร 3.2 มีการควบคุมการจับปลา และจัดเก็บปลาที่จะนำมาแปรรูปด้วยความเย็นเสมอ 3.3 มีสูตรและขั้นตอนการผลิตมาตรฐานจากการวิจัย 3.4 ใช้น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา และน้ำแข็งที่ผลิตจากเครื่องอัตโนมัติของศูนย์ฯ แต่ไม่ได้ส่งตรวจวิเคราะห์เพื่อยืนยันผลทางจุลินทรีย์ 3.5 การผลิต การเก็บรักษาและการขนย้ายต่างๆ มีการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมสลายของอาหาร ภาชนะบรรจุ โดยควบคุมความเย็น เก็บแช่แข็ง หรือขนส่งด้วยกล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง
4. การสุขาภิบาล	4.1 ใช้น้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำประปา 4.2 มีภาชนะรองรับขยะมูลฝอย และกำจัดอย่างเหมาะสม 4.3 มีระบบการระบายน้ำเสีย หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลอย่างมีประสิทธิภาพ 4.4 จัดให้มีอ่างล้างมือ พร้อมทั้งอุปกรณ์ สบู่ ที่ใช้งานได้ 4.5 มีห้องส้วม ห้องน้ำ เป็นอาคารแยกออกจากบริเวณที่ผลิตเพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และมีอุปกรณ์ในการล้างมือ
5. การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด	5.1 ทำความสะอาดสถานที่ผลิตอยู่เสมอ ควรเพิ่มตารางเวรการทำงานพร้อมตรวจทำความสะอาด 5.2 เครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ แต่ขาดกระบวนการฆ่าเชื้อ 5.3 มีการจัดเก็บอุปกรณ์ และสารเคมี เช่น สารล้างทำความสะอาด แต่ยังไม่ค่อยเป็นระเบียบ ไม่ค่อยเป็นหมวดหมู่เท่าที่ควร
6. บุคลากรและสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน	6.1 ผู้ปฏิบัติงานไม่เป็นโรคติดต่อหรือโรคนำรังเกียจตามที่กฎกระทรวงประกาศไว้ และมีการปกปิดบาดแผลมิดชิดเมื่อปฏิบัติงาน 6.2 ผู้ปฏิบัติงานที่ดำเนินการผลิต หรือสัมผัสกับอาหารมีสุขลักษณะที่ดี โดยสวมหมวกเพื่อป้องกันผมร่วงสู่อาหาร สวมเสื้อผ้าที่สะอาดเหมาะสำหรับการปฏิบัติงาน มีผ้ากันเปื้อน มีการใส่รองเท้าที่ปกปิดมิดชิดเหมาะสม รักษาสุขอนามัยส่วนตัว ตัดเล็บสั้นอยู่เสมอและไม่สวมเครื่องประดับ ทำความสะอาดมือและเล็บอย่างสม่ำเสมอ ทั้งก่อนและหลังปฏิบัติงาน



เมื่อวิเคราะห์จุดเสี่ยงอันตรายจากสาเหตุจากการเพิ่มจำนวนหรือเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตฮีสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาสด ดังตารางที่ 3 พบว่าสาเหตุโดยรวมเกิดจากอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษา ระหว่างกระบวนการผลิตจนกระทั่งการหมักสมบูรณ์ เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตสร้างฮีสตามีน-ดีคาร์บอกซิเลสเจริญและสร้างพิษฮีสตามีนอย่างรวดเร็ว และไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่พึงประสงค์ จากวัตถุดิบพื้นที่ผิวสัมผัส ภาชนะอุปกรณ์ น้ำและน้ำแข็งที่ใช้ ดังนั้นจุดวิกฤติและแนวทางแก้ไขปัญหาด้านกระบวนการผลิตจึงเป็นขั้นตอนที่ต้องรักษาอุณหภูมิไม่ให้สูงกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน (ไม่ควรนานกว่า 2 ชั่วโมง) พร้อมทั้งควรมีการทำความสะอาดพื้นผิวสัมผัสอาหารทั้งก่อนและหลังการทำงาน และต่อด้วยการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสม เช่น ใช้ คลอรีนที่ความเข้มข้น 100–200 ppm และรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลของผู้ผลิตให้สะอาดอยู่เสมอ ดังนั้นการผลิตปลาสดจากปลาสดจากปลานวลจันทร์ทอดก้างจึงกำหนดจุดวิกฤติที่มีการรักษาอุณหภูมิไม่ให้สูงกว่า 5 องศาเซลเซียส หรือการที่อยู่ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานานไว้ 3 จุด คือ ขั้นตอนนำปลาที่ผ่านการผ่าหลัง ควักไส้ ตัดครีมน้ำแล้วแล่ก้างใหญ่กลางลำตัวมาแช่น้ำแข็ง 1 คืน (CCP₁) การละลายน้ำแข็งปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง (CCP₂) และการหลักกับส่วนผสมไว้นาน 5 คืน (CCP₃) ดังแผนผังการผลิต (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แผนผังการผลิตปลาสดจากปลาสดจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง

หมายเหตุ: H_(x) ; การตรวจวัดปริมาณฮีสตามีน (ครั้ง/วัด), CCP ; จุดวิกฤติที่ต้องควบคุม



ตารางที่ 3 การวิเคราะห์จุดเสี่ยงอันตรายและเกณฑ์การควบคุมแนวทางจัดการควบคุมความเสี่ยง
การเพิ่มปริมาณฮิสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้ม

ขั้นตอนการผลิต	จุดเสี่ยงการเกิดอันตราย	เกณฑ์การควบคุมแนวทางจัดการควบคุม ความเสี่ยงการเพิ่มปริมาณฮิสตามีน
1. การจับปลา และขนส่งมายัง พื้นที่/ห้องแปรรูป	1. อุณหภูมิการเก็บรักษาระหว่างการรอ และการขนส่งเกินกว่า 5°C ทำให้จุลินทรีย์ กลุ่มที่ผลิตสร้างฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส เจริญและสร้างพิษฮิสตามีนอย่างรวดเร็ว	1. ในถังเก็บรักษาปลาต้องรองด้วยน้ำแข็งที่ก้นถัง ก่อนแล้วสลับชั้นปลาเรื่อยๆ ควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 5°C ใช้เวลาขนส่งไม่เกิน 30 นาทีมายังพื้นที่แปรรูป 2. หากใช้ปลานอกฟาร์ม ควรควบคุมอุณหภูมิต่ำกว่า 5°C และระยะเวลาขนส่ง ไม่เกิน 2 ชั่วโมง
2. การขอดเกล็ด และการแล่ปลาสด	1. อุณหภูมิการเก็บรักษาระหว่างการรอ 2. ความสะอาดของอุปกรณ์ และพื้นที่โต๊ะ 3. บุคลากร	1. ทอยแช่ปลาจากถังน้ำแข็งที่แช่ปลาโดยควบคุม ไม่ให้อยู่ที่พื้นตู้ฟรอสเกิน 30 นาที 2. ทำความสะอาดพื้นผิวทั้งก่อนและหลังการทำงาน และต่อการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสม เช่น ใช้คลอรีน ความเข้มข้น 100–200 ppm จะทำให้ การฆ่าเชื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้น เมื่อเทียบกับวิธี ตากแดดธรรมชาติ
3. การเก็บรักษา เพื่อรอทอดก้าง และการทอดก้าง	1. อุณหภูมิการเก็บรักษาระหว่างการรอ และระยะเวลาที่ใช้ทอดก้าง 2. ความสะอาดของน้ำที่ใช้ล้างและน้ำแข็ง 3. ความสะอาดของอุปกรณ์ และพื้นที่โต๊ะ ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตสร้างฮิสติดีน ดีคาร์บอกซิเลส เจริญและสร้างพิษฮิสตามีน อย่างรวดเร็ว และเกิดการปนเปื้อนแบคทีเรีย ไม่พึงประสงค์ 4. กระบวนการทอดก้างไม่ดีทำให้เนื้อปลาและ หรือเอาก้างออกไม่หมด	1. ทอยแช่ปลาออกมาจากถังน้ำแข็งที่แช่ปลา โดยควบคุมเวลาทอดก้างไม่เกิน 10 นาทีต่อปลา หนึ่งตัวและให้ปลาอยู่พื้นที่ฟรอสไม่เกิน 30 นาที แล้วรีบแช่ในถังน้ำแข็ง โดยผู้ที่ทำหน้าที่ทอดก้างปลา ต้องผ่านการฝึกฝนก่อน 2. ใช้น้ำประปาที่มีมาตรฐานความสะอาดตาม สุขาภิบาลขั้นพื้นฐาน อาจติดตั้งเครื่องกรองน้ำ เพิ่มเติม พร้อมทั้งรักษาความสะอาดของเครื่องทำ น้ำแข็ง และภาชนะที่ใช้บรรจุและขนส่ง 3. ทำความสะอาดพื้นผิวดังกล่าวทั้งก่อนและหลัง การทำงาน และต่อการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสม เช่น ใช้คลอรีน ความเข้มข้น 100–200 ppm
4. การละลาย หลังการแช่แข็ง	1. สภาพการละลายที่ไม่เหมาะสมโดยทั้ง ที่อุณหภูมิห้องทั่วไปจนละลายเองทำให้ จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตสร้างฮิสติดีนดีคาร์บอก ซิเลส เจริญและสร้างพิษฮิสตามีนอย่างรวดเร็ว	1. การละลายใช้วิธีแช่ในตู้เย็น 1 คืน (อุณหภูมิไม่เกิน 5°C) ก่อนนำมาใช้ หรือเปิดน้ำไหลผ่านไม่เกิน 1-2 ชั่วโมง
5. การเตรียม วัตถุดิบ ได้แก่ กระเทียม	1. ปนเปื้อนจุลินทรีย์ไม่พึงประสงค์ เพราะละเลย การล้างหรือการคัดส่วนที่เน่าเสีย หรือมีเชื้อรา	1. ต้องปอกเปลือกและคัดทิ้งชิ้นกระเทียมที่เน่าเสีย หรือมีเชื้อรา หรือมีเชื้อรา และล้างด้วยน้ำประปา 1-2 ครั้ง ก่อนนำไปตำ/ปั่น
6. ขั้นตอนการเตรียม ปลา โดยทาเกลือ ตลอดการหมัก	1. ไม่ซั้ง-ตวง เกลือ และวัตถุดิบอื่นๆ ทำให้ รสชาติไม่สม่ำเสมอ รวมถึงมีผลต่อการอยู่รอด ของจุลินทรีย์ที่ดีในการหมัก 2. สภาพแวดล้อมอากาศ หรืออุณหภูมิในแต่ ละวันแตกต่างกันโดยเฉพาะในช่วงฤดู ที่แตกต่างมีผลการคัดเลือกจุลินทรีย์ หรือเจริญ ของจุลินทรีย์ที่ดีต่อการหมักจึงส่งผลต่อ ลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ทั้งรสชาติ ปริมาณฮิสตามีน 3. ผู้ผลิตไม่รักษาความสะอาดไม่สวมถุงมือ	1. ให้ความสำคัญกับการทำตามสูตรการผลิต มีการ ซั้ง-ตวง เสมอ พร้อมทั้งมีสมุดบันทึกแต่ละรอบ การผลิตทุกรอบ 2. จัดพื้นที่เหมาะสมสำหรับการหมักควรเป็นพื้นที่เดิม เพื่อให้สภาวะต่างๆ คงที่ พร้อมทั้งมีสมุดบันทึก อุณหภูมิสภาพการผลิตแต่ละรอบการผลิตทุกรอบ 3. ให้ผู้ผลิตทุกคนรักษาความสะอาดส่วนบุคคล และ สวมถุงมือในขั้นตอนของการผลิต ทั้งเปลี่ยนถุงมือ ทุก 2-4 ชั่วโมงหรือเปลี่ยนตามความเหมาะสม



4.3 ผลของปริมาณฮีสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทอดก้าง

ในระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเล ตั้งแต่กระบวนการเตรียมปลาจนถึงการหมักให้เป็นปลาต้มได้ทำการตรวจวัดปริมาณฮีสตามีนจำนวน 5 ขั้นตอน (ดังภาพที่ 2) พบปริมาณฮีสตามีนจากขั้นตอนตัดก้างกลาง-ล่างทำความสะอาดครั้งที่ 2 (H_1) 6.58 ± 0.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเพิ่มปริมาณขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากแต่ละขั้นตอนซึ่งถูกจัดเป็นจุด CCP ใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน โดยเฉพาะขั้นตอนการหมักที่อยู่ในอุณหภูมิห้องนาน 5 คืน กระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ปลาต้ม (H_5) ที่มีปริมาณฮีสตามีน 20.42 ± 0.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณฮีสตามีนในระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง

ขั้นตอนการผลิต	ปริมาณฮีสตามีน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
1. ตัดก้างกลาง-ล่างทำความสะอาดครั้งที่ 2 (H_1)	6.58 ± 0.78^d
2. หลังทำการละลายในน้ำแข็ง 1 คืน (H_2)	7.51 ± 1.25^c
3. ทอดก้างเล็ก 4 แนว (ก่อนแช่แข็ง 3 เดือน) (H_3)	7.45 ± 0.89^c
4. ก่อนหมักปลากับส่วนผสมอื่น (H_4)	9.04 ± 0.65^b
5. หลังหมักกับส่วนผสมอื่นที่เหลือทิ้งไว้ 5 คืน (ปลาต้ม) (H_5)	20.42 ± 0.97^a

^{a-d} ที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์ หมายถึง ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ ($n=9$)

5. อภิปรายผล

จากการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้างของศูนย์วิจัยฯ ร่วมกับความเป็นไปได้จากปัจจัยบริบทภายในของสถานที่ผลิตภายในศูนย์ฯ การประเมินข้อมูลพื้นฐานด้านสุขาภิบาล ประยุกต์ข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) ร่วมกับหลักการผลิตที่ดี (GMP) พบว่า ส่วนใหญ่พื้นฐานด้านสุขาภิบาลตามข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) ค่อนข้างดี แต่ต้องปรับปรุงเรื่องการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อพื้นที่สัมผัสอาหารก่อนการทำงานและต้องมีขั้นตอนการฆ่าเชื้อหลังขั้นตอนการทำความสะอาดพื้นที่ผิวสัมผัสอาหารอย่างมีประสิทธิภาพเสมอ ส่วนข้อมูลสภาพการที่เกี่ยวข้องกับหลักการผลิตที่ดี (GMP) ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเช่นกัน แต่ต้องปรับปรุงเรื่อง การฆ่าเชื้อ หรือการตรวจประเมินทางด้านจุลินทรีย์ของน้ำและน้ำแข็งที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทางศูนย์ฯ ค่อนข้างมีพื้นฐานทางการสุขาภิบาลอาหารที่ดี สู่ถึงการมีความพร้อมต่อการขอพัฒนาสู่การรับรองมาตรฐานตามข้อกำหนดการผลิตอาหารที่ถูกสุขลักษณะ ตามข้อกำหนดของบัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 342) พ.ศ. 2555 (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 342) พ.ศ. 2555 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย, 2555) กล่าวได้ว่าเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อยื่นขออนุญาตฯ สถานที่ผลิต และขอรับเลขสารบบอาหาร (เลขอย.) ในลำดับถัดไปได้ ทั้งนี้การมีพื้นฐานด้านสุขาภิบาลตามหลักการผลิตที่ดี จะเป็นการป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์ เชื้อโรค หรือสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ซึ่งจะเป็นอีกปัจจัยสนับสนุนให้การผลิตสะอาดปลอดภัย และทำให้สามารถควบคุมจุดวิกฤตในการผลิตได้ดียิ่งขึ้น

ผลการวิเคราะห์จุดเสี่ยงการเกิดอันตรายจากสาเหตุอันก่อให้เกิดการเพิ่มปริมาณฮีสตามีน ในจุดวิกฤต 3 จุด คือ ขั้นตอนนำปลาที่ผ่านการผ่าหลัง ควักไส้ ตัดครีมน้ำแล้วแล่ก้างใหญ่กลางลำตัวมาแช่ในน้ำแข็ง 1 คืน (CCP_1) การละลายน้ำแข็งปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง (CCP_2) และการหลักกับส่วนผสมไว้นาน 5 คืน (CCP_3) ดังแผนผังการผลิตปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเลทอดก้าง เมื่อวางแผนแนวทางแก้ไขปัญหาด้านกระบวนการผลิต



ที่เป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์ปลาสดมีสารฮิสตามีนเพิ่มขึ้น การติดตามปริมาณฮิสตามีนจากขั้นตอนการผลิต เริ่มที่ตัดก้างกลาง-ล้างทำความสะอาดครั้งที่ 2 (H_1) มีปริมาณฮิสตามีน 6.58 ± 0.78 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเพิ่มปริมาณขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากแต่ละขั้นตอนซึ่งถูกจัดเป็นจุด CCP ใช้ระยะเวลาในการผลิตนาน โดยเฉพาะขั้นตอนการหมักที่อยู่ในอุณหภูมิห้องนาน 5 คืน กระทั่งได้ผลิตภัณฑ์ปลาสด (H_5) ที่มีปริมาณฮิสตามีน 20.42 ± 0.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สาเหตุโดยรวมของการเพิ่มปริมาณฮิสตามีนมักเกิดจากอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษาปลาระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างเอนไซม์ฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส (Histidine decarboxylase) ย่อยสลายฮิสติดีนเกิดเป็นสารพิษฮิสตามีนอย่างรวดเร็ว และไม่ให้เกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่พึงประสงค์ จากวัตถุดิบ พื้นที่ผิวสัมผัส ภาชนะอุปกรณ์ น้ำและน้ำแข็งที่ใช้ ดังนั้นจุดวิกฤตและแนวทางแก้ไขปัญหาด้านกระบวนการผลิตจึงเป็นขั้นตอนที่ต้องรักษาอุณหภูมิไม่ให้สูงกว่า 5 องศาเซลเซียส และควบคุมไม่ให้ปลาอยู่ในอุณหภูมิอันตราย (5-57 องศาเซลเซียส) (ServSafe, 2017) นานกว่า 30 นาที หรือไม่เกิน 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งรักษาความสะอาดตั้งแต่วัตถุดิบที่ต้องปอกเปลือกและคัดทิ้งชิ้นกระเทียมที่มีเชื้อรา และล้างด้วยน้ำประปา 1-2 ครั้งก่อนนำไปตำหรือปั่น ซึ่งการเตรียมวัตถุดิบโดยการตัดแต่งคัดเลือกว่าวัตถุดิบก่อนล้างมีผลช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรีย ยีสต์และรา (วราศรี แสงกระจ่าง และคณะ, 2561) ควรมีการทำความสะอาดพื้นผิวดังกล่าวทั้งก่อนและหลังการทำงาน และต่อด้วยการฆ่าเชื้ออย่างเหมาะสม เช่น ใช้คลอรีนความเข้มข้น 100–200 ppm (สุดสาย ตรีนวนิช และคณะ, 2557) และรักษาสุขอนามัยส่วนบุคคลของผู้ผลิตให้สะอาดอยู่เสมอ จากแผนผังการทำงานมาตรฐานในการผลิตปลาสด

เมื่อควบคุมการผลิตอย่างทุกๆ ขั้นตอนด้วยการประยุกต์ใช้หลักการของระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) เพื่อควบคุมปริมาณฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาสด ร่วมกับความเป็นไปได้จากปัจจัยบริบทภายในของสถานที่ผลิตภายในศูนย์ฯ โดยคำนึงถึงการผลิตบนพื้นฐานความปลอดภัย คือใช้หลักการประเมินการปฏิบัติงานตามการประยุกต์ข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) พร้อมทั้งผลิตตามหลักการผลิตที่ดี (GMP) มีประสิทธิภาพช่วยควบคุมการเกิดปริมาณสารพิษฮิสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาสดได้ สอดคล้องกับรายงานของสุวิมล กิรติวิริยาภรณ์ และวริทธิ์ชัย อารีกุล (2564) ที่กล่าวว่าการบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยสารฮิสตามีนปริมาณมากส่งผลให้เกิดอาการแพ้ต่อผู้บริโภค ซึ่งความรุนแรงของอาการขึ้นอยู่กับความไวของแต่ละบุคคล ส่งผลให้หลายประเทศได้กำหนดปริมาณฮิสตามีนที่ยอมรับเป็นมาตรฐานความปลอดภัยในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำโดยเฉพาะกลุ่มที่มีปริมาณฮิสติดีนอิสระสูง กระบวนการแปรรูปสัตว์น้ำมีความเสี่ยงสูงเพราะมีโอกาสที่ฮิสตามีนจะเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ผู้ผลิตจำเป็นต้องประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตราย และควบคุมจุดวิกฤต (HACCP) และกำหนดมาตรการการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในทุกขั้นตอนการผลิตที่จำเป็นเพื่อชะลอการเพิ่มปริมาณของฮิสตามีน เมื่อพิจารณาปริมาณกรดอะมิโนฮิสติดีน (Histidine) ในปลานวลจันทร์ทะเลสด ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสารฮิสตามีน พบว่าปลานวลจันทร์ทะเลมีปริมาณกรดอะมิโนฮิสติดีนสูงมาก อยู่ในช่วง 1,658.48–1,829.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม จัดอยู่ในกลุ่มปลาเนื้อสีคล้ำปานกลาง (Pan & James, 1985) ในระหว่างกระบวนการผลิตปลาสดจากปลานวลจันทร์ทะเล ตั้งแต่กระบวนการเตรียมปลาจนถึงหมักให้เป็นปลาสด ในทุกๆ ขั้นตอนพบปริมาณฮิสตามีนที่แตกต่างกัน ซึ่งมีปัจจัยด้านต่างๆ เช่น ชนิดของแบคทีเรียที่ผลิตฮิสตามีนและสภาวะในการเก็บรักษา รวมถึงการไม่ควบคุมอุณหภูมิในการขนส่ง การหมักที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีอยู่และศักยภาพในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่สร้างฮิสติดีนดีคาร์บอกซิเลส (Histidine decarboxylase) อันเกิดการย่อยสลายกรดอะมิโนฮิสติดีนที่มีอยู่มากในปลาทำให้เปลี่ยนเป็นฮิสตามีน ซึ่งเป็นหนึ่งในสารพิษกลุ่มไบโอจีนิกเอมีน (Biogenic amines) จะส่งเสริมให้ปริมาณกรดอะมิโนฮิสติดีนจำนวนมากในปลานวลจันทร์ทะเลสด



เป็นสารตั้งต้นในการเปลี่ยนเป็นสารพิษได้มากขึ้น (อำพรธณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 2557) ซึ่งปริมาณฮิสตามีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มของการผลิต และเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระหว่างกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ปลาสดที่มีคุณภาพดีและค่อนข้างคงที่ตรงตามคุณลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์ ปริมาณฮิสตามีนที่วัดได้สูงที่สุดในกระบวนการผลิตปลาสดจากปลานวลจันทร์ทะเลออกก้างเท่ากับ 20.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับที่ปลอดภัยตามมาตรฐานองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติและองค์การอนามัยโลก (FAO/WHO Expert Meeting on Public Health Risks of Histamine and Other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products) ที่กำหนดปริมาณฮิสตามีนในปลาไว้ที่ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization, 2013) ดังนั้นผลิตภัณฑ์ปลาสดจากปลานวลจันทร์ทะเลออกก้างถือว่า มีปริมาณฮิสตามีนอยู่ในช่วงที่ปลอดภัย มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด การเกิดฮิสตามีนในปลาและผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ที่ผลิต ฮิสติดีนคาร์บอกซิลเลสที่เปลี่ยนกรดอะมิโนฮิสติดีนอิสระในกล้ามเนื้อปลาให้กลายเป็นฮิสตามีน (Food and Drug Administration, 2011; European Food Safety Authority, 2011) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฮิสตามีนในปลาและผลิตภัณฑ์จากปลา ได้แก่ 1) ชนิดของปลา 2) ชนิดของแบคทีเรียที่ผลิตฮิสตามีน และ 3) สภาพที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อ ปลาสดเมื่อจับมาใหม่ๆ ก่อนนำไปแปรรูปจะมีระดับของฮิสตามีนต่ำกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม และเมื่อเก็บปลาสดไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า หรือเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในปลาจะยังไม่มีการผลิตฮิสตามีน แต่เมื่ออยู่ในภาวะที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูงขึ้น หรือในระหว่างขนส่ง จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจะเพิ่มจำนวนและผลิตฮิสตามีนในปริมาณมากขึ้น (Rossano et al., 2006) โดยจุลินทรีย์จะผลิตฮิสตามีนเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 21.1 องศาเซลเซียส และจะผลิตได้อย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิเข้าใกล้ 32.2 องศาเซลเซียส ดังนั้นหากในการผลิตควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดฮิสตามีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านอุณหภูมิจะสามารถลดการเกิดฮิสตามีนได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าช่วงต้นปริมาณฮิสตามีนที่ตรวจพบมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อนำปลามาหมัก กระบวนการหมักเกิดได้ภายใต้อุณหภูมิห้อง (25-35 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นช่วงที่ทำให้จุลินทรีย์ผลิตฮิสตามีนได้ดีมากขึ้น

ดังนั้นในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตตามมาตรฐานการผลิต การควบคุมความปลอดภัยของการผลิตตามระบบต่างๆ ล้วนมีส่วนช่วยให้คุณภาพของปลาสดมีความปลอดภัยมากขึ้น การควบคุมการปนเปื้อนฮิสตามีนที่มาจากจุลินทรีย์สามารถควบคุมได้ ตั้งแต่การจับสัตว์น้ำ กระบวนการผลิต การแปรรูป และกระบวนการเก็บรักษา แต่การควบคุมดังกล่าวก็เป็นไปได้ลำบาก วิธีการควบคุมปริมาณฮิสตามีนอาจต้องอาศัยหลายๆ วิธีร่วมกัน เช่น การแช่แข็ง การให้ความร้อน การรมควัน และการใช้สารเคมี เพื่อควบคุมให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนน้อยที่สุด และควบคุมให้จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนหยุดการเจริญ (อำพรธณ ชัยกุลเสรีวัฒน์, 2557) เพราะฉะนั้นการผลิตอาหารควรคำนึงถึงการป้องกันอันตรายที่จะส่งผลเสียต่ออาหาร เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การบรรจุด้วยสุญญากาศ เพื่อคงคุณภาพของอาหาร และลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิต จะทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐานกำหนด ควบคู่ไปกับการสะอาดของสถานที่ผลิต เครื่องใช้ และอุปกรณ์ รวมทั้งสุขลักษณะของบุคลากรที่ทำการแปรรูป เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค (วิจิตรา เหลียวตระกูล และคณะ, 2565)





6. ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์และจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตปลาต้ม ควรประเมินความพร้อมของสถานที่ผลิตตามข้อกำหนดของวิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาล (SSOP) และข้อมูลสภาพการที่เกี่ยวข้องกับหลักการผลิตที่ดี (GMP) ก่อน หากสถานที่ผลิตไม่มีความพร้อมควรปรับปรุงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีก่อน เพื่อให้สามารถควบคุมการเพิ่มจำนวนหรือเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผลิตฮิสตามีนระหว่างกระบวนการผลิตปลาต้ม อันส่งผลต่อปริมาณฮิสตามีนที่จะเกิดระหว่างการผลิตได้ สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระหว่างการรักษาของผลิตภัณฑ์ปลาต้ม

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยดุสิตธานี และเอื้อเฟื้อวัตถุดิบจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งเพชรบุรี

8. เอกสารอ้างอิง

- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 342) พ.ศ. 2555 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหารแปรรูปที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่าย. (2555, 10 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 129 ตอนพิเศษ 38 ง. หน้า 24-25.
- นันทิดา แดงขาว, ประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์, ฉวีวรรณ สุขศรี และโสภณรัตน์ กล้ากล่อมจิตร. (2566). ผลของปริมาณเกลือในกระบวนการหมักต่อคุณภาพของปลาต้มจากปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos Chanos*). วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 28(2), 848-864.
- พิทยา ใจคำ และรัชณี แก้วจินดา. (2560). การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาต้มในระหว่างการหมักร่วมกับโพรไบโอติก *Lactobacillus casei* 01 ที่ระดับแตกต่างกัน. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 12(3), 37-53.
- มนัวรรณ วงศ์นอก. (2555). เมนูอาหารจากปลาต้มเผาะกินได้ทั้งตัว. กลุ่มพัฒนาและส่งเสริมอาชีพการประมง สำนักงานประมง จังหวัดอุบลราชธานี.
- มาตินา น้อยทับทิม, ศิริสุข ตัวงสุข และนาริสา บินหะยิด. (2559). แนวทางการประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม (HACCP) ในกระบวนการผลิตอาหาร: กรณีศึกษาโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนราธิวาส. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 8(1), 117-125.
- วงศ์ทิพา โรจนประภพ. (2551). ฮิสตามีน (histamine) สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้เมื่อรับประทานอาหารทะเล. [วิทยุกระจายเสียง]. สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย. สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- วราศรี แสงกระจ่าง, อัจฉรา แสนคม, หมุดตอเล็บ หินสอ และจุรีภรณ์ นวนมุสิก. (2561). การประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติมาตรฐานด้านสุขาภิบาลเพื่อสร้างความปลอดภัยทางอาหารและพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์พริกแกงปักษ์ใต้สำหรับการผลิตในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรบ้านแก้วสุรกันต์ ตำบลเขาแก้ว อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช (รายงานการวิจัย). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช.
- วัชร คงรัตน์ และอรรณพ คงพันธุ์. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากปลานวลจันทร์ทะเล (*Chanos chanos*, *Forsk.*). กรมประมง, https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200418124847_1_file.pdf.



- วิจิตรา เหลียวตระกูล, วชิรญา เหลียวตระกูล, วรภา วงศ์แสงธรรม และสุนิสา สุวรรณพันธ์. (2565). แนวทางการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหาร: กรณีศึกษา ผลิตภัณฑ์แปรรูปเห็ดตับเต่าของกลุ่มแปรรูปพัฒนารวมใจ ตำบลสามเรือน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. ใน พงษ์พิชิต จันทน์นัย (บ.ก.), การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงาน ชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 10. (น. 1-9). มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- สุดสาย ตรีนานิช, วรภา มหากาญจนกุล และปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2556). SSOP วิธีปฏิบัติด้านสุขาภิบาลสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวิมล กิรติวิริยาภรณ์ และวริทธิ์ อาธิกุล. (2564). ฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรมประมง, https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20210901123010_1_file.pdf.
- อำพรรณ ชัยกุลเสรีวัฒน์. (2557). การลดปริมาณฮีสตามีนในปลาและผลิตภัณฑ์ปลาโดยจุลินทรีย์. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม, 9(1), 1-8.
- Chan, S. X. Y., Fitri, N., Mio Asni, N. S., Sayuti, N. H., Azlan, U. K., Qadi, W. S. M., Dawoud, E. A. D., Kamal, N., Sarian, M. N., Mohd Lazaldin, M. A., Low, C. F., Harun, S., Hamezah, H. S., Rohani, E. R., & Mediani, A. (2023). A Comprehensive Review with Future Insights on the Processing and Safety of Fermented Fish and the Associated Changes. *Foods*, 12(3), 558. <https://doi.org/10.3390/foods12030558>
- European Food Safety Authority. (2011). Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA Journal*, 9(10), 2393-2487. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2393>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. (2012). *The meeting report of Joint FAO/WHO expert meeting on the public health risks of histamine and other biogenic amines from fish and fishery products*. FAO Headquarters.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. (2013). *Public Health Risks of Histamine and Other Biogenic Amines from Fish and Fishery Products*. FAO Headquarters.
- Food and Drug Administration. (2011). *Fish and fishery products hazards and controls Guidance* (4th ed.). Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition.
- Kose, S., & Hall, G. M. (2010). Sustainability of fermented fish products. *Fish processing: Sustainability and new opportunities*, 138-166. <https://doi.org/10.1002/9781444328585.ch7>
- Pan, B. S., & James, D. (1985). Effects of freezing and subsequent thaw abuse. In Pan, B.S. & James, D (Ed.), *Histamine in marine products: Production by bacteria, measurement and prediction of formation* (pp. 33). Food & Agriculture Org.
- Rossano, R., Mastrangelo, L., Ungaro, N., & Riccio, P. (2006). Influence of storage temperature and freezing time on histamine level in the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (L., 1758): a study by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography B*, 830(1), 161-164. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2005.10.026>





- Satomi, M. (2016). Effect of histamine-producing bacteria on fermented fishery products. *Food Science and Technology Research*, 22(1), 1-21. <https://doi.org/10.3136/fstr.22.1>
- ServSafe® Essentials. (2017). *The National Restaurant Association Educational Foundation* (5th ed.). Chicago.

