บทความวิจัย

การเพิ่มผลผลิตปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) ในกระบวนการนึ่งปลาเพื่อผลิตเป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง

ณัฐวุฒิ มั่งคั่ง ภัควัฒน์ เดชชีวะ* และ พัชรี ปราศจาก
ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี
นภัสสร มีรอด จริยา คงเพชร และ พีรพัฒน์ ศิรวัฒนากุล
บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 09 9414 5225 อีเมล: pakkawat.d@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.05.003
รับเมื่อ 1 มิถุนายน 2564 แก้ไขเมื่อ 7 กันยายน 2564 ตอบรับเมื่อ 9 กันยายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 พฤษภาคม 2566
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมปลาทูน่าสำหรับสัตว์เลี้ยงมีการแข่งขันที่สูง ซึ่งการลดต้นทุนเป็นปัจจัยหนึ่งในการเพิ่มกำไรให้กับบริษัท ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตในกระบวนการนึ่งปลา โดยใช้ปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack (*Katsuwonas pelamis*) การปรับปรุงโดยใช้หลัก DMAIC พบว่า 1) ขั้นตอนการระบุปัญหา (Defined Phase) คือ กระบวนการนึ่งปลาเกิดการสูญเสียน้ำหนักปลาเกินปริมาณที่กำหนด 2) ขั้นตอนการวัดผล (Measure Phase) กระบวนการนึ่งปลาใช้เวลานึ่งเฉลี่ย 47 นาที ส่งผลให้ผลผลิตเท่ากับร้อยละ 86.02 ±2.65 เป้าหมายที่ต้องการปรับปรุงมีค่าเท่ากับร้อยละ 90 3) ขั้นตอนวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase) โดยใช้แผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) มาวิเคราะห์พบว่ามี 2 สาเหตุ ได้แก่ เวลาไล่อากาศของตู้นึ่งและเวลานึ่งปลาที่นานเกินไป 4) ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Improved Phase) สาเหตุที่ 1 แก้ไขโดยกำหนดเวลาไล่อากาศของทุกตู้ให้เท่ากัน คือ 8 นาที สาเหตุที่ 2 แก้ไขโดยการจัดทำมาตรฐานเวลาในการนึ่ง ซึ่งสามารถลดเวลาเฉลี่ยในการนึ่งจากเดิม 47 นาที ลดลงเหลือ 30 นาที และ 5) ขั้นตอนควบคุมและติดตามผล (Control- Phase) โดยการนำมาตรฐานเวลาในการนึ่งปลาไปใช้ปฏิบัติงานจริง สามารถเพิ่มผลผลิตจากเดิมร้อยละ 86.02 ±2.65 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 89.83 ±1.87 สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบไปได้ 208,539 บาทต่อเดือน หรือ 2,502,468 บาทต่อปี

คำสำคัญ: ร้อยละผลผลิต ปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack กระบวนการนึ่งปลา มาตรฐานเวลานึ่งปลา

การอ้างอิงบทความ: ณัฐวุฒิ มั่งคั่ง, ภัควัฒน์ เดชชีวะ, พัชรี ปราศจาก นภัสสร มีรอด, จริยา คงเพชร และ พีรพัฒน์ ศิรวัฒนากุล, "การเพิ่มผลผลิตปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) ในกระบวนการนึ่งปลา เพื่อผลิตเป็นอาหารสำหรับสัตว์เลี้ยง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 33, ฉบับที่ 3, หน้า 1–12, เลขที่บทความ 233-125121, ก.ค.–ก.ย. 2566.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 3 ก.ค.–ก.ย. 2566
The Journal of KMUTNB., Vol. 33, No. 3, Jul.–Sep. 2023

Research Article

Increasing Production Yield of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) During Pre-Cooking Process for Pet Food

Nattawut Mangkang, Pakkawat Detchewa* and Patcharee Prasajak
Department of Agro-industry Technology and Management, Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand
Naphatsorn Meerod, Chariya Kongphet and Pheeraphat Sirawathanakhul
Thai Union Manufacturing Company Limited, Tarsrai sub-district Mueang Samut Sakhon, Samut Sakhon, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 09 9414 5225, E–mail: pakkawat.d@agro.kmutnb.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2023.05.003
Received 1 June 2021; Revised 7 September 2021; Accepted 9 September 2021; Published online: 31 May 2023
© 2023 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Recently, the canned tuna for pet food industry is highly competitive. Thus, cost reduction is a main way to increases the company's profitability. This research aims to increase the productivity of tuna during pre-cooking process. Skipjack tuna (*Katsuwonas pelamis*) was used in this experiment. Production yield was improved by DMAIC technique revealing the results as follows. 1) Defined Phase; The pre-cooking process of tuna caused weight loss. 2) Measure Phase; the time of pre-cooking process was an average 47 minutes which resulted in lowering tuna yield as 86.02 ±2.65% from the improving expected outcome as 90%. 3) Analysis phase; using cause and effect diagram showed that there were 2 causes namely excessing time in exhausting process and pre-cooking. 4) Improved phase; the exhausting time was set up similarly at 8 minutes for all batches. In addition, standard time for pre-cooking process was established which can reduce the pre-cooking time from averagely 47 minutes to 30 minutes. and 5) Control and follow-up steps (Control-Phase); the pre-cooking time and exhausting time were applied to this work. The results showed that the productivity increased from 86.02 ±2.65 % to 89.83 ±1.87% resulted in reducing raw material costs 208,539 baht per month or 2,502,468 baht per year.

Keywords: Percent Yield, Skipjack Tuna, Precooking Process, Precooking Standard Time

Please cite this article as: N. Mangkang, P. Detchewa, P. Prasajak, N. Meerod, Chariya Kongphet, and P. Sirawathanakhul, "Increasing production yield of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) during pre-cooking process for pet food," *The Journal of KMUTNB*, vol. 33, no. 3, pp. 1–12, ID. 233-125121, Jul.–Sep. 2023 (in Thai).

1. บทนำ

ปลาทูน่าบรรจุกระป๋องเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งพบว่า ใน พ.ศ. 2560 นั้นสามารถส่งออกปลาทูน่าและผลิตภัณฑ์มูลค่า 2,093.33 ล้านดอลลาร์สหรัฐ [1] สำหรับการผลิตอาหารสัตว์นั้นได้ใช้วัตถุดิบหลักคือ ปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack (*Katsuwonus pelamis*) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะแก่การนำมาแปรรูป เนื่องจากผิวหนังบางสามารถขูดออกง่าย และคุณค่าทางโภชนาการสูง [2]

จากการศึกษากระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงพบว่า การสูญเสียของวัตถุดิบเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนการแปรรูป เช่น การนำเนื้อปลาออกจากห้องแช่เยือกแข็ง การละลายน้ำแข็ง การตัดแต่งนำส่วนเครื่องในหัวปลาและสิ่งไม่ต้องการออก การนึ่งปลา และการลดอุณหภูมิหลังนึ่ง [3]

การนึ่งปลา (Pre-cooking) คือ การให้ความร้อนเบื้องต้นกับวัตถุดิบ การนึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง มักเรียกว่า Pre-cooking เนื่องจากความร้อนในการนึ่งนั้นส่งผลต่อผลผลิต (Yield) และคุณภาพของเนื้อปลา [3], [4] ปัจจุบันการนึ่งปลาทูน่าใช้การนึ่งในตู้นึ่งแบบกะ ซึ่งเรียกว่า Pre-cooker มีลักษณะเป็นตู้ทรงสี่เหลี่ยมหรือเป็นถังทรงกระบอกแนวนอน ใช้ไอน้ำที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียสเป็นตัวกลางให้ความร้อนโดยจะนึ่งจนกระทั่งอุณหภูมิในตัวปลาบริเวณเนื้อส่วนที่ติดกระดูก (Backbone Temperature) มีอุณหภูมิ ระหว่าง 50–75 องศาเซลเซียส เพื่อให้เนื้อปลาสุกแกะออกจากก้างได้ง่าย นอกจากนี้ขนาดของตัวปลานั้นมีผลต่อการให้ความร้อน [5] ดังนั้นกระบวนการนึ่งปลายังมีช่องว่างที่สามารถปรับปรุงให้ปริมาณร้อยละของผลผลิตสูงขึ้น

เทคนิค Six-Sigma DMAIC ซึ่งประกอบด้วย การกำหนด (Define) การวัด (Measure) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) [6] ซึ่งได้รับความนิยม ซึ่ง Hakimi และคณะ [7] ได้ ใช้เทคนิค DMAIC มาหาสาเหตุของกระบวนการหมักโยเกิร์ตพบว่า เวลาในการบ่ม และปริมาณไขมันนั้นเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของโยเกิร์ต ดังนั้นจึงได้แก้ปัญหาโดยกำหนดระยะเวลาในการบ่มเป็น 12 ชั่วโมง และปริมาณไขมันของโยเกิร์ตควรอยู่ที่ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ Khemasit และ Kijkla [8] ได้นำเทคนิค DMAIC มาใช้ในการวัดและกำหนดปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในไส้กรอกไม่ได้ขนาดซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียคือ อุปกรณ์พวก Tube ไม่เหมาะสม และพนักงานขาดทักษะในการปรับแต่ง ทำการปรับปรุงอุปกรณ์และวิธีการทำงานแบบใหม่พบว่า สามารถลดปริมาณไส้กรอกไม่ได้ขนาดลดลงจากเดิม 4,219 กิโลกรัมต่อเดือน เหลือ 2,169 กิโลกรัมต่อเดือน สำหรับการเพิ่มผลผลิตในโรงงานปลาทูน่ากระป๋องนั้น งานวิจัยของ Lorsunnee [2] พบว่า ข้อจำกัดคือตู้นึ่งปลาที่มีจำนวนไม่เพียงพอ จึงหาสาเหตุด้วยการวิเคราะห์แบบ Why-Why Analysis และทำการปรับปรุงดังนี้ 1) ตัดหัวปลาออกเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการใส่ปลาต่อรอบให้มากขึ้น 2) เปลี่ยนรูปแบบการวางตัวปลาลงบนตะแกรง และ 3) จัดการสายการผลิต แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาการเพิ่มผลผลิตในกระบวนนึ่งปลามีข้อมูลที่จำกัด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่ต้องการเพิ่มร้อยละผลผลิตในกระบวนเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยง โดยใช้หลักการ DMAIC มาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาและหาแนวทางการแก้ไข เพื่อควบคุมร้อยละผลผลิตของกระบวนการนึ่งปลาให้มีประสิทธิภาพ

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วัตถุดิบ

ปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง หรือขนาด 1.2–1.4 กิโลกรัมต่อตัว ได้รับจาก บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด

2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.2.1 ศึกษาข้อมูลกระบวนการแปรรูปและการสูญเสียน้ำหนักปลาในขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบ

นำข้อมูลกระบวนการแปรรูปในแต่ละขั้นตอนมาศึกษาเพื่อทำความเข้าใจ และศึกษาการสูญเสียน้ำหนักปลาในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ เพื่อเลือกหัวข้อวิจัยที่จะทำการปรับปรุง โดยทำการวิเคราะห์จากกระบวนการที่เกิดการสูญเสียน้ำหนักปลาเกินกว่าเป้าหมายมากที่สุด

2.2.2 ศึกษากระบวนการนึ่งปลาทูน่า

เก็บข้อมูลร้อยละผลผลิตของกระบวนการนึ่งปลา โดยทำการวัดอุณหภูมิโดยใช้ Temperature Data Logger (ยี่ห้อ MadgeTech รุ่น HiTemp140 ประเทศสหรัฐ อเมริกา) โดยเสียบเข้าบริเวณหลังปลาให้แนบชิดกระดูกเข้าไปกลางตัวปลา (Backbone Temperature) ซึ่งเป็นจุดที่ร้อนช้าที่สุด หลังจากนั้นทำการนึ่งอยู่ที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิปลาหลังนึ่งเสร็จ น้ำหนักปลาก่อนนึ่งและน้ำหนักปลาหลังนึ่งเสร็จ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณเพื่อหาร้อยละผลผลิตของปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง ของกระบวนการนึ่งปลาในปัจจุบัน ด้วยสูตรการคำนวณ ดังนี้

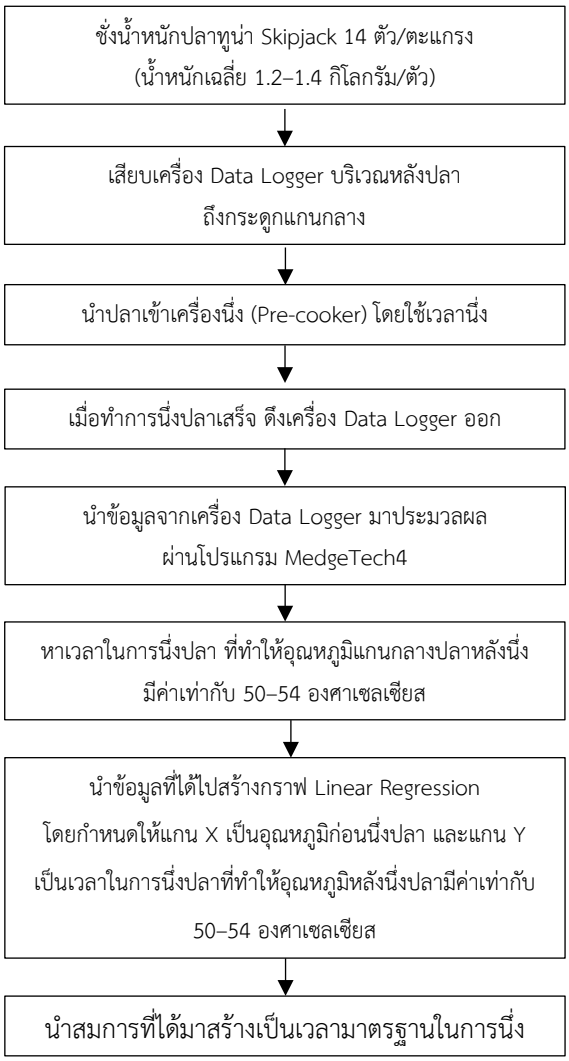
$$\text{ร้อยละผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักปลาหลังนึ่ง}}{\text{น้ำหนักปลาก่อนนึ่ง}} \times 100$$

2.2.3 การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหา วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย โดยใช้หลักการแผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ซึ่งจะช่วยให้ทราบสาเหตุของปัญหานั้นๆ [6] จากนั้นนำสาเหตุที่ทำการวิเคราะห์มาทดสอบสมมติฐานด้วยโปรแกรมทางสถิติ (Minitab) [9]

2.2.4 วิเคราะห์ปัญหาของส่งผลให้ร้อยละผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายมากำหนดมาตรการในการแก้ไขโดยศึกษาระยะเวลาในการไล่อากาศและระยะเวลาในการนึ่งที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

2.2.4.1 ศึกษาระยะเวลาไล่อากาศ ดังนี้ 4, 8, 9, 11 และ 14 นาที แล้วทำการนึ่งให้ได้อุณหภูมิของเนื้อปลาอยู่ที่ 50–54 องศาเซลเซียส แล้ววิเคราะห์ร้อยละของน้ำหนักปลาหลังไล่อากาศ

2.2.4.2 ศึกษาระยะเวลาในการนึ่งปลา และจัดทำเวลามาตรฐานในการนึ่ง (รูปที่ 1) โดยระยะเวลาในการนึ่ง โดยกำหนดอุณหภูมิปลาก่อนนึ่งให้อยู่ที่ −3 ±0.5, −2 ±0.5, −1 ±0.5 และ 0 ±0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากนั้นนำ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการจัดทำเวลามาตรฐานในการนึ่งปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง

เครื่อง Data Logger ติดตามข้อมูลในระหว่างการนึ่ง เมื่อทำการนึ่งเสร็จ นำข้อมูลจากเครื่อง Data Logger มาประมวลผลด้วยโปรแกรม MadgeTech4 [10] และนำไปคำนวณในสมการเส้นตรง Linear Regression [11] จากนั้นนำสมการที่ได้ไปสร้างเป็นมาตรฐานเวลาในการนึ่งปลา

2.2.5 นำมาตรการไปประยุกต์ใช้และติดตามผล

นำมาตรการที่ได้หลังจากการปรับปรุงไปปฏิบัติงานจริงและติดตามผลโดยทำการเก็บน้ำหนักปลาทูน่าสายพันธุ์

Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง ก่อนนึ่งและหลังนึ่งปลาเสร็จ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาร้อยละผลผลิต เปรียบเทียบร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุง

2.2.6 คำนวณการลดการสูญเสียของวัตถุดิบที่ได้หลังการปรับปรุง

วิเคราะห์ผลการลดการสูญเสียในการผลิตวัตถุดิบ โดยเปรียบเทียบจากร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุงกับหลังปรับปรุงด้วยสูตรดังนี้

ลดการสูญเสีย = (ร้อยละผลผลิตหลังปรับปรุง – ร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุง) × จำนวนปลา × ราคาปลา

จำนวนปลาที่ใช้ เท่ากับ ค่าเฉลี่ยจำนวนปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง ที่ใช้ต่อเดือน (เดือนเมษายน ถึง เดือนมิถุนายน) ราคาปลา เท่ากับ 40 บาทต่อกิโลกรัม

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแตกต่างของร้อยละผลผลิตระหว่างอุณหภูมิก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงด้วย Paired t-test สำหรับเวลาที่ใช้ในการไล่อากาศนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ANOVA (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างด้วย Duncan Multiple Range Test ส่วนสหสัมพันธ์ของอุณหภูมิก่อนนึ่งและอุณหภูมิหลังนึ่งที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียสด้วย Pearson's Correlation Coefficients ด้วยโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 13 (Minitab LLC., USA.)

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษากระบวนการแปรรูปและการสูญเสียน้ำหนักปลาในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ ประกอบด้วย 5 กระบวนการหลัก ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะการสูญเสียน้ำหนักปลาในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ

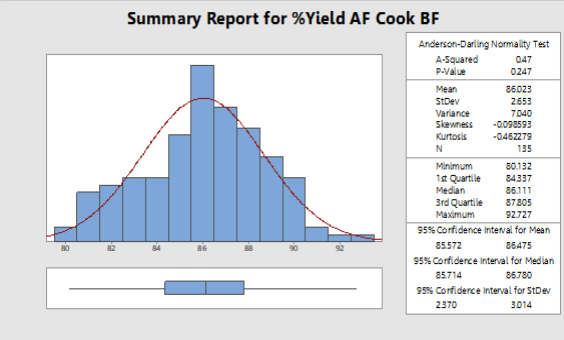
กระบวนการ	ลักษณะการสูญเสียน้ำหนัก
ละลายปลา	โปรตีนปลาละลายในน้ำ
ผ่าท้อง-ควักไส้	การนำเครื่องในและหัวปลาออก
นึ่งปลา	น้ำระเหยออกจากปลา
การลดอุณหภูมิหลังนึ่งด้วยการพ่นน้ำ	น้ำระเหยออกจากปลา
ขูดหนัง-ขูดเลือด	หนังปลา เศษเนื้อปลา เลือดปลา

ที่มา: FAO [12]

3.1.1 กระบวนการละลายปลา เป็นการนำปลาที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า –18 องศาเซลเซียส มาละลายด้วยน้ำเปล่าให้อุณหภูมิตัวปลาอยู่ในช่วง –5 ถึง –4 องศาเซลเซียส เพื่อง่ายต่อการทำงานกระบวนการถัดไป กระบวนการนี้การสูญเสียด้านวัตถุดิบเกิดจากการที่โปรตีนละลายในน้ำซึ่งมีปริมาณน้อย จึงไม่นำมาเป็นหัวข้อในการแก้ปัญหา

3.1.2 กระบวนการผ่าท้อง-ควักไส้ เป็นการนำปลาที่ผ่านการละลาย มีอุณหภูมิอยู่ที่ –5 ถึง –4 องศาเซลเซียส มาผ่าท้อง-ควักไส้ออก เพื่อป้องกันการเน่าเสียที่เกิดจากจุลินทรีย์ในลำไส้ปลา และนำลำไส้ปลาไปทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ กระบวนการนี้การเกิดสูญเสียด้านวัตถุดิบจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากความจำเป็นที่ต้องควักไส้ออก จึงยังไม่นำมาเป็นหัวข้อในการแก้ปัญหา

3.1.3 กระบวนการนึ่งปลา (Pre-cooking Process) เป็นการนำปลาที่ผ่านการผ่าท้อง-ควักไส้ออกแล้ว มาเข้าตู้นึ่งเพื่อให้เนื้อปลาสุกทั้งตัว กระบวนการนี้เกิดการสูญเสียด้านวัตถุดิบจากการที่น้ำระเหยออกจากตัวปลาเมื่อได้รับความร้อน [3] จากการเก็บข้อมูลพบว่า การนึ่งปลานั้นก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักถึงร้อยละ 8.68 ของน้ำหนัก ทำให้ได้ร้อยละของผลผลิตต่ำอยู่ที่ร้อยละ 86.02 ของน้ำหนัก ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการสูญเสียอันดับสองรองจากกระบวนการขูดหนัง-ขูดเลือด เพราะเหตุนี้จึงเลือกกระบวนการนึ่งปลาเป็นหัวข้อในการแก้ไขปัญหา และเลือกตัวอย่างในการทดลองเป็น ปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack



รูปที่ 2 ร้อยละผลผลิตในกระบวนการนึ่งปลา ก่อนปรับปรุง

รูปที่ 3 ลักษณะของเนื้อปลาทูน่าหลังนึ่ง

ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง เนื่องจากเป็นปลาขนาดกลางที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับสัตว์เลี้ยงมากที่สุด

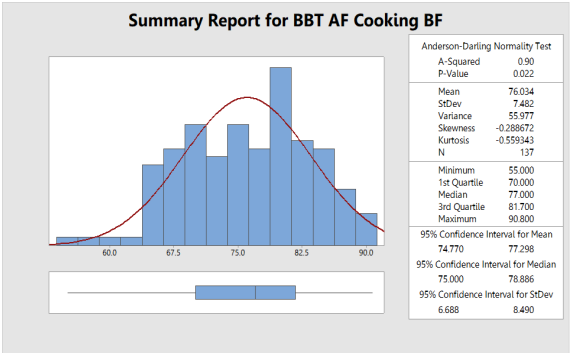
3.1.4 กระบวนการลดอุณหภูมิด้วยกระบวนพ่นน้ำ (สเปรย์) เป็นการลดอุณหภูมิปลาหลังการนึ่งด้วยน้ำอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาความชื้นในตัวปลา ไม่ให้เนื้อแห้งเกินไป และลดการสุกเกินไป (Overcooked) กระบวนการนี้เกิดการสูญเสียด้านวัตถุดิบจากน้ำระเหยออกจากตัวปลา ซึ่งมีปริมาณน้อย จึงไม่เลือกมาเป็นหัวข้อในการแก้ปัญหา

3.1.5 กระบวนการขูดหนัง-ขูดเลือด เป็นการกำจัดสิ่งที่ไม่จำเป็น เช่น เศษหนัง เลือด ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการในกระบวนการถัดไป กระบวนการนี้เกิดการสูญเสียด้านวัตถุดิบจำนวนมากเป็นอันดับแรก แต่ที่ไม่เลือกมาเป็นหัวข้อในการแก้ไขปัญหาเพราะปริมาณของเสียส่วนใหญ่เป็นเศษหนัง และเลือด ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต้องการเอาออก และส่วนน้อยเป็นเศษเนื้อที่ติดตามไปจากการขูดหนัง

จากการศึกษาขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบพบว่า กระบวนการนึ่งปลาเกิดการสูญเสียน้ำหนักปลาสูง ทำให้ผลผลิตที่ได้มีค่าเท่ากับร้อยละ 86.02 ซึ่งข้อกำหนดของโรงงานต้องได้ผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 90±1

3.2 ผลการศึกษากระบวนการนึ่งปลาทูน่า

จากรูปที่ 2 แสดงข้อมูลร้อยละผลผลิต (Yield) ของปลาทูน่าในกระบวนการนึ่งปลาเท่ากับร้อยละ 86.02 ของผลผลิตที่ได้ โดยใช้เวลาในการนึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 47 นาที พบว่า ลักษณะ



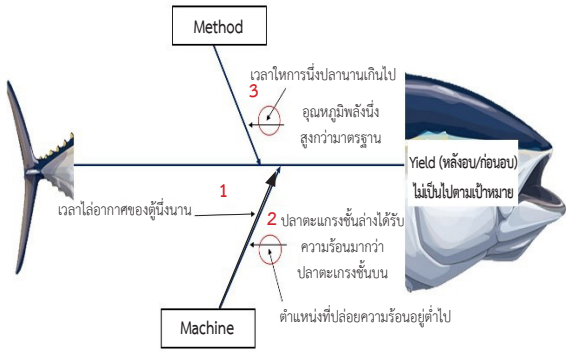
รูปที่ 4 อุณหภูมิปลาหลังนึ่ง (องศาเซลเซียส) ในกระบวนการนึ่งปลา ก่อนปรับปรุง

เนื้อปลาสุกทั้งตัว ไม่มีเลือด (ดังรูปที่ 3) และส่งผลให้อุณหภูมิปลาหลังนึ่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.03 องศาเซลเซียส (รูปที่ 4) ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดคือ 50–54 องศาเซลเซียส

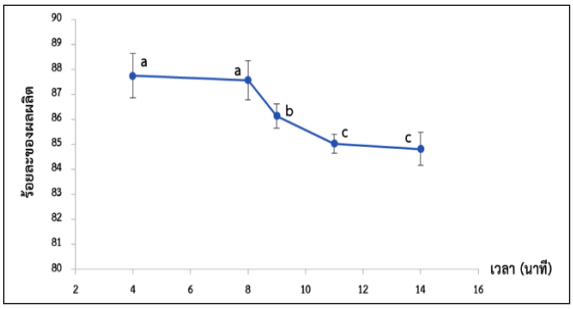
3.3 ผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาและแนวทางแก้ปัญหา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย โดยใช้หลักการแผนผังเหตุและผลพบว่า เกิดจากสาเหตุที่เป็นจริง 3 สาเหตุ ดังนี้ (รูปที่ 5)

3.3.1 เวลาไล่อากาศนานเกินไป การไล่อากาศก่อนนึ่งปลานั้นมีความสำคัญ เนื่องจากการไล่อากาศด้วยไอน้ำใช้นานเกินไปอาจทำให้ปลาทูน่าเกิดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการนึ่งปลานานเกินไป ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตที่ได้มีค่าต่ำกว่า



รูปที่ 5 แผนผังเหตุและผลของปัญหาร้อยละผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย



รูปที่ 6 ผลของเวลาไล่อากาศที่แตกต่างกันของตู้นึ่งปลาต่อร้อยละของผลผลิตปลาทูน่า ตัวอักษรในกราฟกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

ที่กำหนดหรือไม่ จึงนำข้อมูลร้อยละผลผลิตของตู้นึ่ง ที่เวลาไล่อากาศแตกต่างกัน ซึ่งได้จากเวลาไล่อากาศในการทำงานจริงของเครื่องนึ่งปลา ได้แก่ 4, 8, 9, 11, และ 14 นาที ตามลำดับ โดยตั้งสมมติฐานดังนี้

H_0: เวลาไล่อากาศต่างกันไม่ส่งผลต่อร้อยละของผลผลิต

H_1: เวลาไล่อากาศต่างกันมีผลต่อร้อยละของผลผลิต

ผลการทดสอบที่ได้คือ p-value = 0.001 ($p < 0.05$) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (รูปที่ 6) หมายความว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) เวลาไล่อากาศที่แตกต่างกันและนานเกินไป ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตแตกต่างและไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

การไล่อากาศที่ 4 นาที และ 8 นาที มีค่าร้อยละผลผลิต 87.75 และ 87.56 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการไล่อากาศที่เพิ่มขึ้นคือ 9, 11 และ 14 นาที นั้นส่งผลทำให้ค่าร้อยละผลผลิตลดลงเป็น 86.14, 85.03 และ 84.82 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การไล่อากาศก่อนนึ่งปลาที่ 9, 11 และ 14 นาทีมีปริมาณร้อยละผลผลิตต่ำกว่าการไล่อากาศที่ 4 และ 8 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$)

3.3.2 ตะแกรงชั้นล่างได้รับความร้อนมากกว่าตะแกรงชั้นบน เมื่อทำการพิสูจน์สมมติฐานโดยกำหนด

H_0 = อุณหภูมิของปลาที่อยู่ตะแกรงชั้นล่างมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของปลาที่อยู่ตะแกรงชั้นบน

H_1 = อุณหภูมิของปลาที่อยู่ตะแกรงชั้นล่างมีค่าไม่เท่ากับอุณหภูมิของปลาที่อยู่ตะแกรงชั้นบน

จากตารางที่ 2 พบว่า อุณหภูมิของปลาตะแกรงชั้นบนและอุณหภูมิของปลาตะแกรงชั้นล่างไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ดังนั้นจึงตัดสาเหตุนี้ออกจากการทดลอง

ตารางที่ 2 อุณหภูมิของปลาตะแกรงชั้นล่างและชั้นบน

	จำนวนตัวอย่าง	อุณหภูมิของตัวปลา (°C)^{ns}	ร้อยละของผลผลิต^{ns}
อุณหภูมิปลาตะแกรงชั้นบน	31	71.55 ±4.45	87.89 ±1.77
อุณหภูมิปลาตะแกรงชั้นบน	31	70.96 ±4.49	86.02 ±2.65^{b}

ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษร ^{ns} ในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \geq 0.05$)

3.3.3 อุณหภูมิในการนึ่งปลาต่ออุณหภูมิแกนกลางปลาหลังนึ่ง ผู้วิจัยตั้งข้อสมมติฐานว่าเวลานึ่งปลาที่นานเกินไป โดย

H_0: อุณหภูมิปลาหลังนึ่งอยู่ในช่วง 50–54 องศาเซลเซียส

H_1: อุณหภูมิปลาหลังนึ่งไม่อยู่ในช่วง 50–54 องศาเซลเซียส จึงนำข้อมูลอุณหภูมิหลังนึ่งเสร็จมาทดสอบสมมุติฐาน ผลการทดสอบที่ได้คือ p-value = 0.000 (< 0.05) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังตารางที่ 3 หมายความว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_o) อุณหภูมิปลาหลังนึ่งสูงกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 3 ของอุณหภูมิหลังนึ่งและค่าร้อยละของผลผลิต

	จำนวนตัวอย่าง	อุณหภูมิของตัวปลา (°C)	ร้อยละของผลผลิต
ค่ามาตรฐาน	135	52.00 ±2.00[b]	90.00 ±1.00[a]
อุณหภูมิปลา	135	76.13 ±7.48[a]	86.02 ±2.65[b]

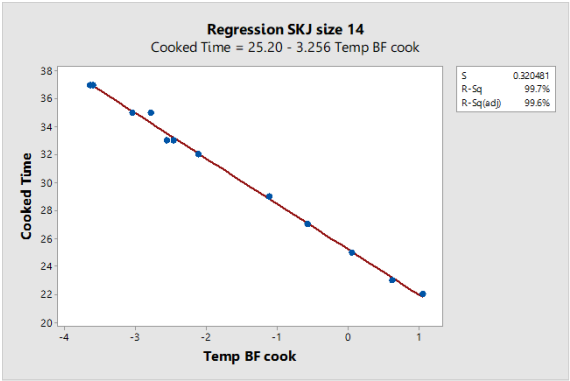
ข้อมูลแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตัวอักษรในคอลัมน์เดียวกันกำกับแตกต่างกันมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p < 0.05)

จากตารางที่ 3 แสดงอุณหภูมิหลังนึ่ง และร้อยละของผลผลิต โดยเก็บตัวอย่างปลา 135 ตัวอย่าง พบว่า อุณหภูมิของปลาหลังนึ่งมีค่าสูง 76.13 ±7.48 องศาเซลเซียส และมีค่าร้อยละของผลผลิตอยู่ที่ 86.02 ±2.65 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วพบว่า อุณหภูมิสูงเกินกว่าที่กำหนด (52.00 ±2.00 องศาเซลเซียส) และปริมาณร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าที่กำหนด (90.00 ±1.00)

3.4 ผลการกำหนดแนวทางในการแก้ไขปัญหา

3.4.1 จากผลการทดลองจากข้อ 3.3.3 จึงกำหนดเวลาไล่อากาศของเครื่องนึ่งทุกเครื่องเป็น 8 นาที ทำให้ได้อุณหภูมิของตู้นึ่งอยู่ในช่วง 100–105 องศาเซลเซียส

3.4.2 เวลาในการนึ่งปลาที่นานเกินไป จึงได้แก้ปัญหาโดยนำข้อมูลของอุณหภูมิปลาทูน่ากับระยะเวลานึ่งปลาด้วยไอน้ำร้อนอุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิปลาหลังนึ่งอยู่ในช่วง 50–54 องศาเซลเซียส มาหาความสัมพันธ์แบบ Linear Regression (รูปที่ 7) เมื่อได้เส้นกราฟความสัมพันธ์ของอุณหภูมิการนึ่งกับเวลาแล้วมาสร้างเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ ดังสมการที่ (1)



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิก่อนนึ่ง (องศาเซลเซียส) กับเวลานึ่ง (นาที) ที่ทำให้อุณหภูมิหลังนึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (50–54 องศาเซลเซียส)

$$\text{เวลานึ่ง} = 25.20 + (-3.256 \times \text{อุณหภูมิก่อนนึ่งปลา}) \quad (1)$$

นำสมการที่ (1) มาประยุกต์ใช้กับเวลามาตรฐานเวลาในการนึ่งปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง (ตารางที่ 4) ยกตัวอย่างถ้าอุณหภูมิเริ่มต้นของตัวปลาอยู่ที่ –3 ±0.5 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการนึ่งปลา 35 นาที อุณหภูมิของเนื้อปลาอยู่ที่ 50–54 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4 เวลามาตรฐานในการนึ่งปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack ขนาด 14 ตัวต่อตะแกรง

น้ำหนักปลาเฉลี่ย (กิโลกรัม)	อุณหภูมิเริ่มต้น (องศาเซลเซียส)	เวลานึ่ง (นาที)	อุณหภูมิหลังนึ่ง (องศาเซลเซียส)
1.2–1.4	–3	35	50–54
	–2	32	
	–1	28	
	0	25	

เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองโดยเลือกอุณหภูมิของปลาก่อนนึ่งอยู่ที่ –3 ±0.5 องศาเซลเซียส นำมาทำการนึ่งที่อุณหภูมิ 100–105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 35 นาที จากตารางที่ 3 พบว่า อุณหภูมิของปลาหลังนึ่งเฉลี่ย 52.95 ±1.13

องศาเซลเซียส และร้อยละของผลผลิตเท่ากับ 89.06 ±0.41 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อุณหภูมิปลาและร้อยละผลผลิตที่เวลาไล่อากาศ 8 นาที เวลานึ่ง 35 นาที

การทดลองที่	เวลานึ่ง (นาที)	อุณหภูมิก่อนนึ่ง (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิหลังนึ่ง (องศาเซลเซียส)	ร้อยละของผลิต
1	35	–3	52.2	89.3
2			52.7	89.5
3			54.6	89.1
4			51.6	88.3
5			54.0	89.2
6			52.6	89.0
เฉลี่ย			52.95 ±1.13	89.06 ±0.41

3.5 ผลการนำมาตรการไปประยุกต์ใช้และติดตามผล

จากการนำมาตรฐานเวลาในการนึ่งปลาทูน่าที่ได้หลังจากการปรับปรุงไปปฏิบัติงานจริงพบว่า ผลผลิตที่ได้หลังจากการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 89.83 ±1.87 ซึ่งเพิ่มขึ้นกว่าก่อนปรับปรุงคือร้อยละ 86.02 ±2.65 คิดเป็นร้อยละ 4.43 ของการปรับปรุง (รูปที่ 8) และใช้เวลาในการนึ่งเฉลี่ย 30 นาที (ลดลงจากเดิม 47 นาที สาเหตุที่ร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อสังเกตจากรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่าช่วงก่อนปรับปรุง (Before) ข้อมูลร้อยละผลผลิตที่ได้ค่อนข้างต่ำกว่ามาตรฐาน จากนั้นเมื่อนำมาตรการไปปรับใช้กับงาน ในช่วงระยะระหว่างการปรับปรุง (Improvement) ร้อยละผลผลิตเริ่มคงที่และสม่ำเสมอ เมื่อเข้าสู่ระยะหลังปรับปรุง (After) ได้มีการนำมาตรฐานเวลาในการนึ่งไปให้พนักงานปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ทำให้ร้อยละผลผลิตมีค่าสูงขึ้นและสม่ำเสมอในระยะยาว

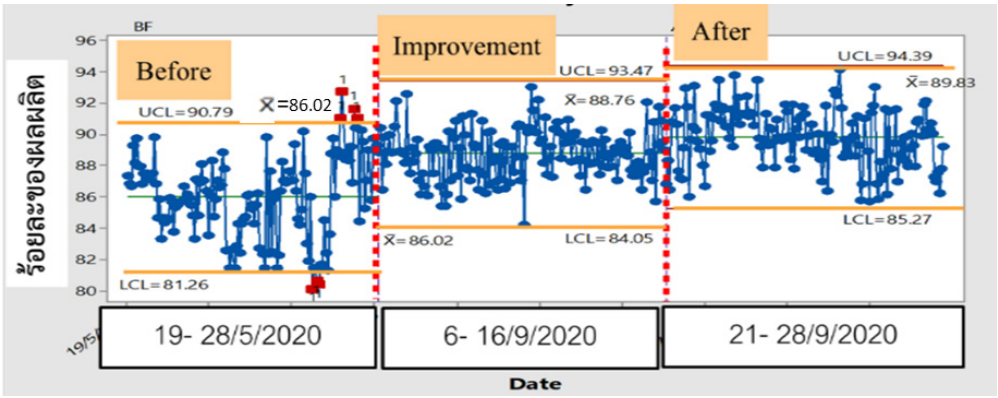
จากการแก้ปัญหาผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมายในกระบวนการนึ่งปลา สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบ โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

ลดการสูญเสีย = (ร้อยละผลผลิตหลังปรับปรุง – ร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุง) × จำนวนปลา × ราคาปลา

ลดการสูญเสีย = (89.83% – 86.02%) × 136,837 (กิโลกรัม/เดือน) × 40 (บาท/กิโลกรัม) ลดการสูญเสีย = 208,539 บาท/เดือน หรือ 2,502,468 บาท/ปี

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ใช้หลักการ DMAIC มาใช้ในการเพิ่มผลผลิตในกระบวนการนึ่งปลา ในขั้นตอนการระบุปัญหา (Defined Phase) พบว่ากระบวนการแปรรูปวัตถุดิบนั้นก่อนให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของปลา พบว่าขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเป็นอาหารสัตว์เลี้ยง ประกอบด้วยขั้นตอนการรับวัตถุดิบซึ่งปลาทูน่าแช่เยือกแข็งมาทำการละลายน้ำแข็งให้ได้ปลาทูน่าที่พร้อมสำหรับกระบวนผ่าท้อง-ควักไส้ หลังจากนั้นทำการนึ่งปลา ทำการลดอุณหภูมิด้วย การสเปรย์น้ำและกระบวนการขูดหนังขูดเลือด จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นพบว่า กระบวนการละลายน้ำแข็งนั้นมีการสูญเสียโปรตีนที่ละลายไปกับน้ำเช่น เลือด และน้ำ แต่อย่างไรก็ตามกระบวนการละลายนี้สูญเสียน้อยเนื่องจากควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินกว่า 5 องศาเซลเซียส [12] สำหรับกระบวนการผ่าท้อง-ควักไส้นั้นเป็นการเอาเลือด และอวัยวะภายในออกซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการนอกจากนี้ยังเป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียด้วย [13] ซึ่งขั้นตอนนี้ไม่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักของปลาได้เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จำเป็น กระบวนการนึ่งปลานั้นเป็นกระบวนการที่สำคัญเนื่องจากกระบวนการนึ่งทำให้โปรตีนของปลาเกิดการเสียสภาพ [14] หรือเกิดการสุกของเนื้อปลา ทำให้สามารถแยกเนื้อปลาออกจากหนัง และกระดูกได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามความร้อนจากไอน้ำนั้นทำให้น้ำระเหยจากตัวปลาเป็นสาเหตุให้ร้อยละของผลผลิตต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด กระบวนการถัดมา คือ การกระบวนการลดอุณหภูมิของเนื้อปลาด้วยการสเปรย์น้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อปลาเกิดการสุกที่มากเกินไป ซึ่งส่งผลให้เนื้อปลาแห้งและแข็ง [3] หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการขูดเลือดขูดหนัง ซึ่งกระบวนการนี้เป็นการกำจัดหนังปลาออกให้เหลือแต่เนื้อของปลาทูน่า



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบร้อยละผลผลิตก่อนปรับปรุง ระหว่างการปรับปรุง และหลังปรับปรุง

เท่านั้น หลังจากนั้นก็เข้ากระบวนการบรรจุกระป๋อง และฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อ (Retort) ดังนั้นขั้นตอนการระบุปัญหาคือ กระบวนการนึ่งส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบ

ขั้นตอนการวัด (Measure Phase) จากผลการทดลองตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการนึ่งปลาปัจจุบันทำให้อุณหภูมิของตัวปลาสูงถึง 76.13 องศาเซลเซียส และร้อยละของผลิตเท่ากับ 86.02 ซึ่งอุณหภูมิของโรงงานกำหนดไว้ที่ 50–54 องศาเซลเซียส และร้อยละของผลผลิตอยู่ที่ 90 ส่วนเวลาในการไล่อากาศนั้นทางโรงงานกำหนดไว้ที่ 4, 8, 9, 11 และ 14 นาที ดังรูปที่ 6 พบว่า ถ้าใช้เวลาในการไล่อากาศที่นานเกินกว่า 8 นาทีส่งผลทำให้ร้อยละของผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เนื่องจากขั้นตอนไล่อากาศนั้นใช้ไอน้ำเป็นตัวไล่อากาศจึงมีความร้อนเกิดขึ้นจึงทำให้น้ำระเหยจากตัวปลาทำให้ปลามีการสูญเสียน้ำหนัก[15] ส่วนขั้นตอนการนึ่งปลานั้นส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักของปลาเป็นอย่างมากเนื่องจากการใช้เวลาในการนึ่งปลาที่นานเกินไปจะทำให้พันธะไฮโดรเจนระหว่างสายพอลิเพปไทด์ถูกทำลาย โครงสร้างของโปรตีนเสียสภาพ (Denature) โดยเฉพาะพันธะระหว่างสายของโปรตีนกับโปรตีน หรือโปรตีนกับน้ำ นอกจากนี้การนึ่งที่นานไปส่งผลให้น้ำในตัวปลาระเหยออกมามากขึ้น [3] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bell และคณะ [3] และ Zhang และคณะ [16] พบว่า อุณหภูมิของการเกิดการเสียสภาพของโปรตีนในปลาทูน่าสายพันธุ์ Skipjack โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Differential Scanning Calorimetry พบว่า การเสียสภาพของโปรตีนกล้ามเนื้อนั้นมี 3 พีก พีกที่ 1 เป็นโปรตีนชนิด Myosin ที่อุณหภูมิ 40–55 องศาเซลเซียส ซึ่งพบมากในปลาทูน่า ส่วนพีกที่ 2 คือ 55–64 องศาเซลเซียส นั้นเป็นการเสียสภาพของ Collagen ส่วนพีกที่ 3 คือ 64–71 องศาเซลเซียส เป็นการเสียสภาพของ Actin ดังนั้นการนึ่งปลาด้วยความร้อนในช่วง 50–54 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เพียงพอที่ทำให้โปรตีนเริ่มการเสียสภาพส่งผลทำให้เนื้อปลาแข็งพอดีและสามารถแยกหนังและเลือดได้ง่าย ซึ่งกระบวนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญสำหรับการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง

ขั้นตอนวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหา (Analysis Phase) ของการสูญเสียน้ำหนักของปลาในกระบวนการนึ่งปลาโดยใช้แผนผังเหตุและผลของดังรูปที่ 5 พบว่า มีปัญหาอยู่ 3 สาเหตุ คือ สาเหตุที่ 1เวลาในการไล่อากาศก่อนการนึ่ง สาเหตุที่ 2 ตำแหน่งของชั้นวางปลาไม่มีผลต่ออุณหภูมิของตัวปลาจึงไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากตู้นึ่งมีระบบท่อปล่อยไอน้ำกระจายอย่างทั่วถึง จึงทำให้เวลาที่อุณหภูมิของตัวปลาไม่แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \geq 0.05$) ดังตารางที่ 2 และ สาเหตุที่ 3 ระยะเวลาในการนึ่งปลามีผลต่ออุณหภูมิและร้อยละของผลผลิต ดังนั้นสาเหตุที่ 1 และ 3 มีผลต่อร้อยละของผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chusaeng [17] ซึ่งพบว่า ในกระบวนการผลิตเนื้อปลาบรรจุกระป๋องนั้นมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาในกระบวนการไล่อากาศและการนึ่ง และใช้เทคนิค Why-Why Analysis พบว่า สามารถลดข้อบกพร่องเฉลี่ยต่อเดือนจาก 108,778 ppm ลดลงเหลือ

17,573 ppm ซึ่งสามารถลดระดับการเกิดข้อบกพร่องลงไปได้ร้อยละ 9.12

ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Improved Phase) เมื่อทำการเก็บข้อมูลของอุณหภูมิปลาก่อนนึ่งและระยะเวลาในการนึ่งปลาจนเนื้อปลามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 50–54 องศาเซลเซียส พบว่า สมการที่ (1) เมื่อแทนค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของปลาทำให้ทราบระยะเวลาในการนึ่งปลาแล้วเนื้อปลาอยู่ในช่วงที่กำหนด จึงได้ทำการยืนยันผลโดยการกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นที่ –3 ±0.5 องศาเซลเซียส ไล่อากาศ 8 นาที แล้วใช้เวลานึ่ง 35 นาที พบว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 52.95 ±1.13 องศาเซลเซียส และร้อยละผลผลิตอยู่ที่ 89.06 ±0.41 ซึ่งอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนดคือ 50–54 องศาเซลเซียสและร้อยละของผลผลิตอยู่ในช่วง 90 ±1

ขั้นตอนควบคุมและติดตามผล (Control- Phase) นำข้อมูลข้างต้นไปใช้ที่หน้างานจริง จากรูปที่ 8 ก่อนทำการปรับปรุง ระหว่างการทำการปรับปรุง และหลังการปรับปรุง สามารถสรุปได้ดังนี้ ก่อนทำการปรับปรุงนั้นใช้ระยะเวลาในการนึ่งเฉลี่ย 47 นาที ส่งผลให้อุณหภูมิกลางตัวปลาหลังนึ่ง มีค่าเท่ากับ 76.03 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่ามาตรฐานกำหนด คือ 50–54 องศาเซลเซียส ทำให้ผลผลิตมีค่าเท่ากับร้อยละ 86.02 ±2.65 ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมาย คือ ร้อยละ 90 ดังนั้นจึงแก้ปัญหาโดยการจัดทำมาตรฐานเวลาในการนึ่งปลา ซึ่งคำนวณได้จากสมการ เวลานึ่ง = 25.20 + (–3.256 × อุณหภูมิก่อนนึ่ง) จากนั้นเมื่อนำมาตรฐานเวลานึ่งปลาไปปฏิบัติงานจริง พบว่า อุณหภูมิกลางตัวปลาหลังนึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐาน (50–54 องศาเซลเซียส) ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิม ร้อยละ 86.02 ±2.65 เพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 89.83 ±1.87 คิดเป็น ร้อยละ 4.43 ของการปรับปรุง และยังสามารถลดเวลานึ่งเฉลี่ยจากเดิม 47 นาที ลดลงเหลือ 30 นาที การแก้ไขปัญหานี้ สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบไปได้ 208,539 บาทต่อเดือน หรือ 2,502,468 บาทต่อปี

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี ขอขอบคุณศูนย์สหกิจศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และขอขอบคุณ บริษัทไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด นำโดย คุณนคร นิรุตตินานนท์ รองกรรมการผู้จัดการฝ่ายเพิ่มผลผลิต คุณศุภวดี สิทธิจำเริญคุณ ผู้จัดการโรงงานTUM3 คุณฐิติชัย อธิคมกุลชัย ผู้จัดการฝ่ายผลิตTUM3 และพนักงานทุกท่านในฝ่ายเพิ่มผลผลิต ที่ให้คำแนะนำต่างๆ อำนวยความสะดวกและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินโครงการสหกิจเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Department of International Trade Promotion. (2021, May 26). *Report of tuna products in US market*. [Online] (in Thai). Available: https://www.ditp.go.th/contents_attach/578719/578719.pdf

[2] M. Lorsunnee. “Productivity improvement in tuna factory,” M.S. Thesis, Department of Engineering Management, Graduate School, Siam University, 2019 (in Thai).

[3] J. W. Bell, B. E. Farkas, S. A. Hale, and T. C. Lanier, “Effect of thermal treatment on moisture transport during steam cooking of skipjack tuna (*Katsuwonas pelamis*),” *Journal of Food Science*, vol. 66, no. 2, pp. 307–313, 2001.

[4] K. Hatae, F. Yoshimatsu, and J. J. Matsumoto, “Discrimination characterization of different texture profiles of various cooked fish muscle,” *Journal of Food Science*, vol. 49, pp. 721–726, 1984.

[5] J. Zhang, B. E. Farkas, and S. A. Hale, “Precooking and cooking of Skipjack tuna (Katsuwonas plamis): A numerical Simulation,” *LWT- Food Science and Technology*, vol. 35, pp. 607–616, 2002.

[6] I. Idrissi, A. Mesfiou, and B. Benazzouz, “Food processing optimization using lean six sigma

methodology- Case study of a mackerel filets production company in Morocco," *European Journal of Scientific Research*, vol. 143, no. 3, pp. 273–281, 2016.

[7] S. Hakimi, S. M. Zahraee, and J. M. Rohani, "Application of six-sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 9, no. 4, pp. 562–578, 2018.

[8] T. Khemasit and R. Kijkla, "Reduce waste from the manufacture of sausage with the application DMAIC case study: Food industry," *Journal of Industrial Technology*, vol. 11, no. 2, pp. 77–83, 2016 (in Thai).

[9] M. Evans, *Minitab Manual*. W.H. Freeman and Company, 2009, pp. 63–72.

[10] MadgeTech. (2021, May 28). *Madget4software* [Online]. Available: https://www.madgetech.com/software/madgetech-4-software/.

[11] FAO, (2021, August 22). *Processing* [Online]. Available: http://www.fao.org/3/r6918e/r6918e05.htm.

[12] M. Thamavit, "Food loss and waste management in the tuna processing industry in Thailand," M.Sc. Thesis, Department of Food Technology, Wageningen University, 2019.

[13] S. I. Ikape and J. O. Cheikyula, "Fish spoilage in the tropics: A review," *Octa Journal of Biosciences*, vol. 5, no. 2, pp. 34–37, 2017.

[14] E. A. Foegeding, T. C. Lanier, and H. O. Hultin, "Characteristics of edible muscle tissues," in Food chemistry, 3rd ed, New York: Marcel Dekker, 1996, pp. 879–942.

[15] E. L. Webb, "Process control parameters for Skipjack tuna (*Katsuwonas pelamis*) precooking," Ph.D. Thesis, Department of Biological and Agricultural Engineering, University Libraries, 2003.

[16] J. Zhang, B. E. Farkas, and S. A. Hale, "Thermal properties of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*)," International Journal of Food Properties, vol. 4, no. 1, pp. 81–90, 2001.

[17] K. Chuseang, "Reducing defects in canned seafood production process," M.Sc. Thesis, Prince Songkla University, 2011. (in Thai).