วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

บทความวิจัย

การเพิ่มผลผลิตไก่แช่แข็งในกระบวนการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยง

ทรีลริษา งามวงศ์ ดารัตน์ เดชอำไพ* โกศล น่วมบาง และ นาฏกาญจน์ จักรานุวัฒน์

ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: darat.d@agro.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 10 กรกฎาคม 2565; วันที่ทบทวนบทความ: 22 มีนาคม 2566; วันที่ตอบรับบทความ: 21 เมษายน 2566
วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 1 กรกฎาคม 2566

บทคัดย่อ: อกไก่และสันในไก่ เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้า (Topping) ในอาหารสัตว์เลี้ยง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของบริษัทที่มีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปี นั้นพบว่าการผลิต Topping ซึ่งประกอบไปด้วยการรับวัตถุดิบมาจากห้องแช่แข็งมาละลายแล้วนำไปต้มหลังจากนั้นก็ทำให้เย็นและนำเข้าเครื่องผลิตไก่เส้น (Flake) เกิดความสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบหลัก (Drip Loss) เป็นสัดส่วนที่สูง ส่งผลให้ต้นทุนวัตถุดิบสูงขึ้นและทำให้ร้อยละผลผลิต (%Yield) ไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตไก่แช่แข็งในกระบวนการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยง โดยนำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้และได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา 3 แนวทาง คือ (1) เปลี่ยนวิธีการละลายไก่จากเดิมเป็นการแช่น้ำในถังละลายปกติเปลี่ยนเป็นการละลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม (2) จัดทำเวลามาตรฐานในการต้มไก่ให้เหมาะสมกับขนาดของอกไก่และสันในไก่ และ (3) ออกแบบถาดรองเศษเนื้อไก่ใต้เครื่อง Flake แบบใหม่ให้มีขนาดสูงขึ้น ผลการศึกษาพบว่าในการต้มแบบปกติสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ได้ 8.55% และ 7.55% ตามลำดับ และสำหรับการต้มแบบแห้งไก่สามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ได้ 1.70% และ 5.30 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: เพิ่มผลผลิต; ประสิทธิภาพ; DMAIC; อาหารสัตว์เลี้ยง; ไก่แช่แข็ง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

บทความวิจัย

Increasing Frozen Chicken Yields in the Pet Food Topping Process

Treelarisa Ngamwong, Darat Dechampai*, Koson Numbang and Nattakan Jakkranuhwat

Department of Agro-Industry Technology and Management, Faculty of Agro-Industry,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
* Corresponding author, E-mail: cburacha@engr.tu.ac.th

Received: 10 July 2022; Revised: 22 March 2023; Accepted: 21 April 2023
Online Published: 1 July 2023

Abstract: Chicken breast and chicken tenderloin are the main raw material used in the topping production of pet food products, which is the core product of the company and also increased production capacity every year. But it was also found in the topping production including chicken thawing, chicken boiling, and flake production, occurring a high percentage of the weight loss of the main raw material (Drip loss). As a result, the cost of raw materials is increased and the percentage yield (%Yield) of the production target cannot be achieved. Therefore, this research aims to increase the yield of frozen chicken in the pet food topping process by applying DMAIC principles. The 3 solutions are proposed; (1) to change the method of thawing the chicken from set up immersion in a normal-water thawing tank change to electric defrosting with water and air, (2) the standard time for the chicken boiling process as the size of chicken breast and chicken tenderloin, and (3) to re-design a tray under the flaking machine. The results showed that in normal boiling, the yield of chicken breasts and tenderloin increased by 8.55% and 7.55%, respectively. In dry-boiling, the yield of chicken breasts and tenderloin increased by 1.70%. and 5.30%, respectively.

Keywords: productivity; efficiency; DMAIC; pet food; frozen chicken

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

1. บทนำ

การละลายอกไก่และสันในไก่แช่แข็งเป็นขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการแปรรูปเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยง โดยในปัจจุบันวิธีการละลายไก่แช่แข็งของกรณีศึกษาคือวิธีการละลายแบบการแช่ในน้ำเพื่อใช้น้ำเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายและง่ายต่อการดำเนินการ แต่วิธีดังกล่าวต้องใช้เวลานานและใช้พื้นที่มาก อีกทั้งเกิดการสูญเสียน้ำหนักของวัตถุดิบระหว่างการละลายเป็นสัดส่วนที่สูง เนื่องจากในระหว่างการละลายผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กที่อยู่รอบวัตถุดิบนั้นโครงสร้างเซลล์ในอาหารจะรวมตัวกันเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ซึ่งแทรกอยู่ระหว่างโครงสร้างเซลล์และคมของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำลายผนังโครงสร้างเซลล์ในอาหาร ส่งผลทำให้ของเหลวภายในเซลล์เกิดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการละลาย (Drip Loss) มากยิ่งขึ้น [1]

สำหรับกระบวนการต้มอกไก่และสันใน ปัจจุบันกรณีศึกษามีการต้ม 3 แบบ คือ การต้มแบบปกติ การต้มแบบปานกลาง และการต้มแบบแห้ง โดยการต้มแบบปกติจะมีอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้มประมาณ 60-65 องศาเซลเซียส สำหรับการต้มแบบปานกลางจะมีอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้มประมาณ 65-70 องศาเซลเซียส ซึ่งทั้งการต้มแบบปกติและการต้มแบบปานกลางนั้นทางบริษัทกรณีศึกษาได้เปลี่ยนเครื่องต้มจากเดิมเป็นเครื่องต้มแบบ Manual มาเป็นเครื่องต้มแบบ Auto ซึ่งสามารถควบคุมผลผลิตไก่ได้ตามเป้าหมาย แต่สำหรับการต้มแบบแห้งที่มีปริมาณการผลิตที่ไม่คงที่และใช้เวลาต้มนานกว่า โดยเวลาที่ใช้ในการต้มไก่นานเกินไปนี้จะทำให้เนื้อไก่สูญเสียน้ำหนักเป็นปริมาณมาก บริษัทกรณีศึกษาจึงใช้เครื่องต้มแบบ Manual สำหรับการต้มแบบแห้งเพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าในการผลิต โดยพบอุณหภูมิกลางชิ้นไก่หลังต้มแบบแห้ง ประมาณ 70-75 องศาเซลเซียส จากนั้นอกไก่และสันในไก่ที่ผ่านการต้มจะเข้าสู่กระบวนการผลิตไก่เส้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีเนื้อไก่ที่ตกลงบนถาดใต้เครื่องบดไก่ หรือที่เรียกกันว่าเครื่อง Flake ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่อีกรอบได้ เนื่องจากเนื้อไก่เหล่านั้นปนเปื้อนจากน้ำล้างพื้นที่กระเด็นขึ้นมา จึงเกิดความสูญเสียที่ต้องทิ้งเนื้อไก่เหล่านี้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตไก่แช่แข็งในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยง โดยประยุกต์ใช้หลักการ DMAIC เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของวิธีการละลายเนื้อไก่แช่แข็งด้วยวิธีการละลายแบบใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับวิธีการละลายโดยใช้กระแสไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม จากนั้นทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อไก่ในระหว่างการละลาย ซึ่งวิธีการละลายไก่ด้วยไฟฟ้าเป็นวิธีที่สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการละลายได้ อีกทั้งทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพของเนื้อไก่ระหว่างการต้มเพื่อศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการต้มไก่ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นไก่ และได้ทำการออกแบบถาดรองเศษเนื้อไก่ใต้เครื่อง Flake เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อไก่ถูกปนเปื้อนจากน้ำที่อาจจะกระเด็นมาสัมผัสเนื้อไก่ได้ เหล่านี้สามารถลด %Drip loss และส่งผลให้เพิ่ม %Yield ได้อีกด้วย โดยรายละเอียดจะนำเสนอในส่วนถัดไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

สำหรับเทคนิคที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และขั้นตอนการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ปัญหาด้วย DMAIC

ในปัจจุบันไม่ว่าจะอุตสาหกรรมประเภทใดก็มุ่งที่จะปรับปรุงคุณภาพและพัฒนาเทคโนโลยีทางการผลิตอยู่เสมอ โดยเครื่องมือซิกซ์ซิกม่า (Six sigma) ก็เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่เป็นที่นิยมและยอมรับว่ามีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาทางคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2-4] โดยการบริหารแบบซิกซ์ซิกม่าจะมุ่งเน้นผลกำไรที่มาจากการลดต้นทุนความไม่มีคุณภาพ (Cost of Poor Quality) ทั้งเป็นการลดข้อบกพร่อง ลดรอบเวลา ลดความสูญเปล่าและลดต้นทุนการใช้ทรัพยากร โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา เรียกว่า DMAIC ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้เทคนิคการคัดกรองตัวแปรในกระบวนการทั้งที่เป็นปัจจัยควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ จนกระทั่งสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยใดเป็นปัจจัยวิกฤตที่ส่งผลต่อคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า โดยคัดเลือกหัวข้อปัญหาที่สำคัญและเร่งด่วนที่มีความเชื่อมโยงกับเป้าหมายทางธุรกิจ อีกทั้งเป็นปัญหาที่สามารถทำเสร็จได้โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุนมากนักมาแก้ไขก่อน ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาแบบ DMAIC [5-6] มีรายละเอียด ดังนี้

2.1.1 กำหนดขอบเขตปัญหา (D: Define)

การกำหนดขอบเขตปัญหาคือขั้นตอนการระบุปัญหาและสิ่งที่จำเป็นในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ ขั้นตอนนี้จะเป็นระยะที่จะระบุปัญหาอย่างชัดเจน เป้าหมายสุดท้าย และขอบเขตที่ต้องใช้เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจกระบวนการอย่างครบถ้วน และทราบว่าปัจจัยใดบ้างที่เป็นจุดวิกฤตต่อคุณภาพ

2.1.2 วัดผลกระบวนการ (M: Measure)

ขั้นตอนวัดผลกระบวนการบอกถึงกระบวนการทำงานทั้งหมดที่เกี่ยวของกับกระบวนการ โดยจะมีเครื่องมือที่ใช้ในการแสดง คือ Macro process map, SIPOC, Detailed process map, และ Measurement System Analysis (MSA) ที่จะช่วยให้เข้าใจกระบวนการต่างๆ และเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น รวมถึงแสดงที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณตัวชี้วัดของกระบวนการ

2.1.3 วิเคราะห์ (A: Analyze)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ควรมีข้อมูลพื้นฐานที่จะสามารถใช้เพื่อเริ่มตัดสินใจเกี่ยวกับกระบวนการได้จากข้อมูลในการสร้างแผนผังของกระบวนการปัจจุบัน เพื่อทำความเข้าใจว่าปัญหาของกระบวนการเริ่มต้นจากที่ใด อาจจะใช้แผนผังก้างปลาและแผนภูมิพาเรโตมาช่วยในการวิเคราะห์ต้นเหตุของปัญหา เมื่อวิเคราะห์สาเหตุมาของปัญหาได้จะมีการพิสูจน์สาเหตุทั้งหมดว่าเป็นจริงหรือไม่ มีผลต่อกระบวนการที่สนใจจริงหรือไม่ เพื่อคัดเลือกสาเหตุไปทำการแก้ไขต่อไป

2.1.4 ปรับปรุง (I: Improve)

ในขั้นตอนการปรับปรุงจะมีการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด การวางแผนในการปรับปรุงเพื่อกำหนดระยะเวลาการดำเนินงาน การปรับปรุงสาเหตุทำได้หลากหลาย บางครั้งการปรับปรุงเพียงอย่างเดียวอาจจะทำให้สามารถแก้สาเหตุของปัญหาได้มากกว่า 1 สาเหตุก็ได้

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

2.1.5 ควบคุม (C: Control)

การควบคุมคือขั้นตอนสุดท้ายในระเบียบวิธี DMAIC เพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพในระยะยาว และไม่ก่อให้เกิดปัญหาเดิมขึ้นอีกซ้ำๆ

2.2 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC Tools)

เครื่องมือควบคุมคุณภาพ (Quality Control Tools) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่สำคัญ สามารถนำไปใช้ควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตได้ ทั้งกรณีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เป็นค่าวัดเชิงปริมาณและเชิงคุณลักษณะ โดยคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เชิงปริมาณได้จากการชั่ง ตวง วัด เช่น น้ำหนัก ความยาว ปริมาณการ บรรจุ เป็นต้น ส่วนคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เชิงคุณลักษณะได้จากการแบ่งคุณลักษณะของข้อมูลเป็นกลุ่มๆ เช่น มีหรือไม่มีรอยตำหนิ ดีหรือเสีย เป็นต้น โดยเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง ประกอบไปด้วย ใบตรวจสอบ กราฟ ฮิสโตแกรม แผนภูมิพาเรโต แผนภาพก้างปลา แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุม เครื่องมือควบคุมคุณภาพแต่ละชนิดหากมีการนำไปใช้ตามความเหมาะสม จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ [7]

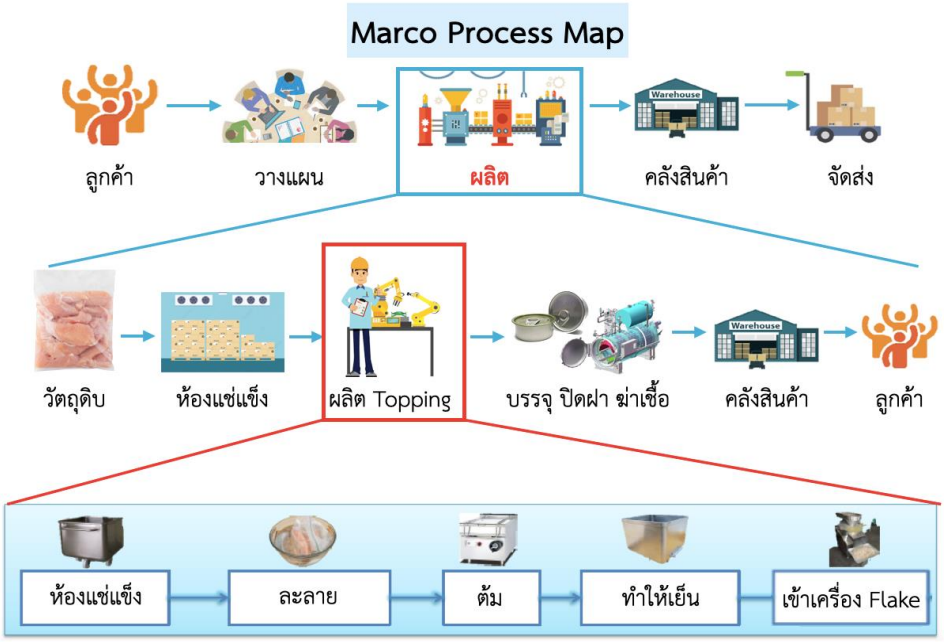
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการนำหลักการ DMAIC และเครื่องมือ 7 QC tool นั้นพบว่าถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะในประเทศอย่างในงานวิจัยของ [8] นำ 7 QC Tool ร่วมกับกระบวนการลำดับขั้นเชิงวิเคราะห์ (Analytic Hierarchy Process: AHP) มาใช้เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตถังบรรจุอากาศสำหรับรถบรรทุก และ [9] ก็ได้นำหลักการ DMAIC มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตสินค้า Filament IQF Jumbo Stick ขนาด 500 กรัม ต่อมา[10] ได้ทำการศึกษาการลดความสูญเปล่าที่เกิดจากความล่าช้าในกระบวนการโหลดสินค้าสำเร็จรูปด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC ในกรณีศึกษาเครื่องดื่มสำเร็จรูปชนิดผง พบว่าสามารถลดลดต้นทุนได้ถึง 290,000 บาทต่อปี นอกจากนี้ในงานวิจัยของต่างประเทศก็พบว่า [11] ได้นำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มผลผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทางตอนใต้ของอินเดียเช่นกัน อีกทั้งในงานของ [12] ก็ได้นำหลักการ DMAIC มาใช้ในการควบคุมคุณภาพและลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตมันฝรั่งทอดทำให้บริษัทสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น ส่งผลต่อต้นทุนวัตถุดิบ แรงงาน และเวลาลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน อีกทั้งมีการปรับปรุงวิธีการทำงานที่ได้มาตรฐานและมีระเบียบแบบแผนมากขึ้นอีกด้วย

2.4 ขั้นตอนการศึกษาและปรับปรุงการผลิต

กรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นบริษัทผู้ผลิตและผู้ส่งออกทูน่ากระป๋อง อาหารทะเลแปรรูป และอาหารสัตว์เลี้ยงชั้นนำของประเทศไทย โดยจะมุ่งเน้นการศึกษาในส่วนของกระบวนการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยง ซึ่งมีขั้นตอนเริ่มต้นตั้งแต่การรับวัตถุดิบเข้ามาเก็บที่ห้องแช่แข็ง (Cold Storage) ก่อนที่จะนำมาผลิต Topping และส่งต่อไปยังแผนกบรรจุ (Filling Can & Pouch) หลังจากนั้นจะทำการปิดฝา (Seaming) และตามด้วยการฆ่าเชื้อ (Retort) จนกระทั่งได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่จะถูกจัดเก็บไว้ที่คลังสินค้า (Storage) เพื่อรอส่งมอบไปยังลูกค้าต่อไป แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 1

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตของการศึกษา คือ ทำการศึกษากระบวนการผลิตอาหารสัตว์เลี้ยงที่แผนกผลิต Topping และใช้เครื่องมือ DMAIC ซึ่งเป็นที่นิยมในการแก้ปัญหาคุณภาพการผลิต [8-12] มาใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มผลผลิตไก่แช่แข็ง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 D: Define เป็นการศึกษาสภาพปัจจุบันก่อนการปรับปรุงและกำหนดขอบเขตการศึกษา ของกระบวนการผลิตตั้งแต่การรับวัตถุดิบจนถึงส่งมอบวัตถุดิบให้กับฝ่ายบรรจุ โดยตรวจสอบจากร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ในปัจจุบันมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 70% ซึ่งยังไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 75%

ขั้นตอนที่ 2 M: Measure ตรวจสอบที่มาของตัวชี้วัดกระบวนการผลิตที่จะใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยการรับวัตถุดิบมาจากห้องแช่แข็ง นำมาละลายแล้วนำไปต้ม ทำให้เย็นและนำเข้าเครื่อง Flake โดยสังเกตการทำงานของพนักงานและทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักไก่ในแต่ละกระบวนการ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ Drip Loss เพื่อวิเคราะห์ประเมินการสูญเสียน้ำหนักของแต่ละขั้นตอนการผลิต และหาแนวทางในการปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 3 A: Analyze นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา จากนั้นทำการพิสูจน์สาเหตุที่เกี่ยวข้องและหามาตรการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

ขั้นตอนที่ 4 I: Improve การปรับปรุงกระบวนการจากผลการพิสูจน์ในขั้นตอน Analyze โดยเน้นการแก้ไขที่รากของปัญหา

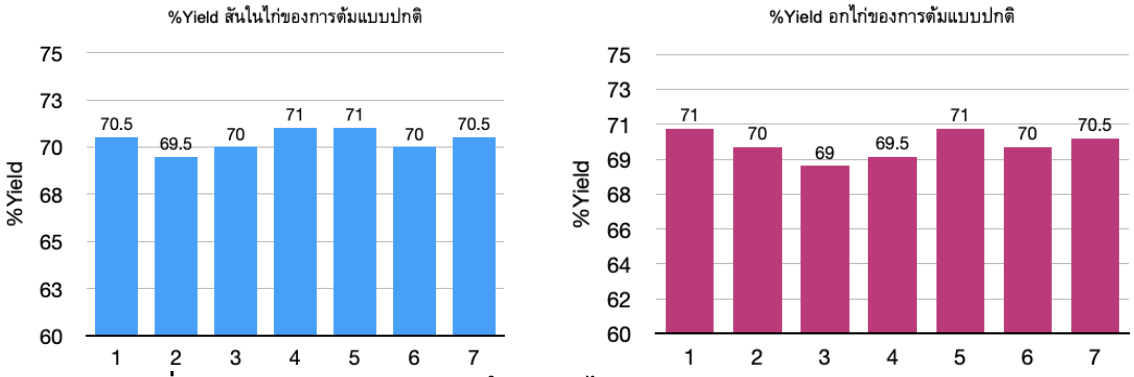
ขั้นตอนที่ 5 C: Control จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาซ้ำในอนาคต โดยให้พนักงานปฏิบัติตามรายละเอียดคู่มือที่กำหนดให้อย่างเคร่งครัด

3. ผลการวิจัย/ทดลองและการอภิปรายผล

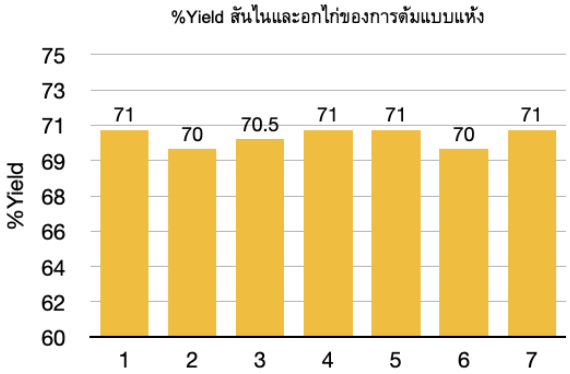
จากการศึกษาปัญหาของกระบวนการผลิตอกไก่และสันในไก่โดยใช้หลักการ DMAIC ซึ่งเป็นระบบที่เน้นช่วยแก้ปัญหาการลดความผิดพลาดและความสูญเปล่า ซึ่งมีรายละเอียดผลการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 ผลผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

จากการเก็บข้อมูลร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2563 ถึง เดือนพฤษภาคม 2564 พบว่ามี %Yield ของอกไก่และสันในไก่สำหรับการต้มแบบปกติและการต้มแบบแห้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 70% ซึ่งยังไม่ได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 75% สรุปว่าควรทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตอกไก่และสันในไก่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2 กราฟแท่งแสดง %Yield สันในและอกไก่ของการต้มแบบปกติ (ก่อนปรับปรุง)



รูปที่ 3 กราฟแท่งแสดง %Yield สันในและอกไก่ของการต้มแบบแห้ง (ก่อนปรับปรุง)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

3.2 ปัญหาที่ควรปรับปรุงแก้ไข

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลการผลิตอกไก่และสันในไก่อย่างละเอียด พบว่าขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเกิดจากกระบวนการละลาย โดยการแช่เนื้อไก่ในบ่อน้ำนานเกินไป เนื่องจากไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้มาก่อน สำหรับอกไก่ถูกแช่น้ำทิ้งไว้มากกว่า 2 ชั่วโมง และสันในไก่มากกว่า 1 ชั่วโมง กระบวนการต้มที่เกิดจากขั้นตอนในการปรับเวลาการต้มไก่ให้เหมาะสมกับขนาดชิ้นของไก่ และกระบวนการ Flake ในช่วงที่ไก่ถูกลำเลียงผ่านสายพานและผ่านเครื่องตรวจจับโลหะ ซึ่งช่วงนี้จะเป็นช่วงที่มีเนื้อไก่ตกในถาดใต้เครื่อง Flake โดยมีรายละเอียดของกระบวนการแปรรูปไก่แช่แข็ง แสดงดังรูปที่ 4

3.3 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

นำข้อมูลที่เก็บได้ทั้งหมดจากกระบวนการผลิตมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือแผนผังก้างปลา แสดงดังรูปที่ 5

จากการวิเคราะห์แผนผังก้างปลา พบว่าในกระบวนการผลิตอกไก่และสันในไก่ มีสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักอยู่ 3 สาเหตุ คือ เกิดจากกระบวนการละลายไก่ กระบวนการต้มไก่ และกระบวนการ Flake ไก่ ซึ่งทุกสาเหตุจะถูกนำมาพิสูจน์สมมติฐาน โดยมีรายละเอียดในการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและการพิสูจน์ ดังนี้

สาเหตุที่ 1: การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการละลายไก่ ศึกษา 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยเวลาที่ใช้ในการละลายอกไก่ > 2 ชั่วโมง, สันในไก่ > 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ 1-Sample t-Test ในการทดสอบ ซึ่งกำหนดสมมติฐานในการศึกษาและได้ผลการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

สมมติฐานของอกไก่

H_0: ใช้เวลาในการละลายอกไก่ $\leq$ 2 ชั่วโมง

H_A: ใช้เวลาในการละลายอกไก่ > 2 ชั่วโมง

ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า มีค่า P-Value เท่ากับ 0.023 ซึ่งน้อยว่า 0.05 จึงสรุปว่าสมมติฐานเป็นจริง

สมมติฐานของสันในไก่

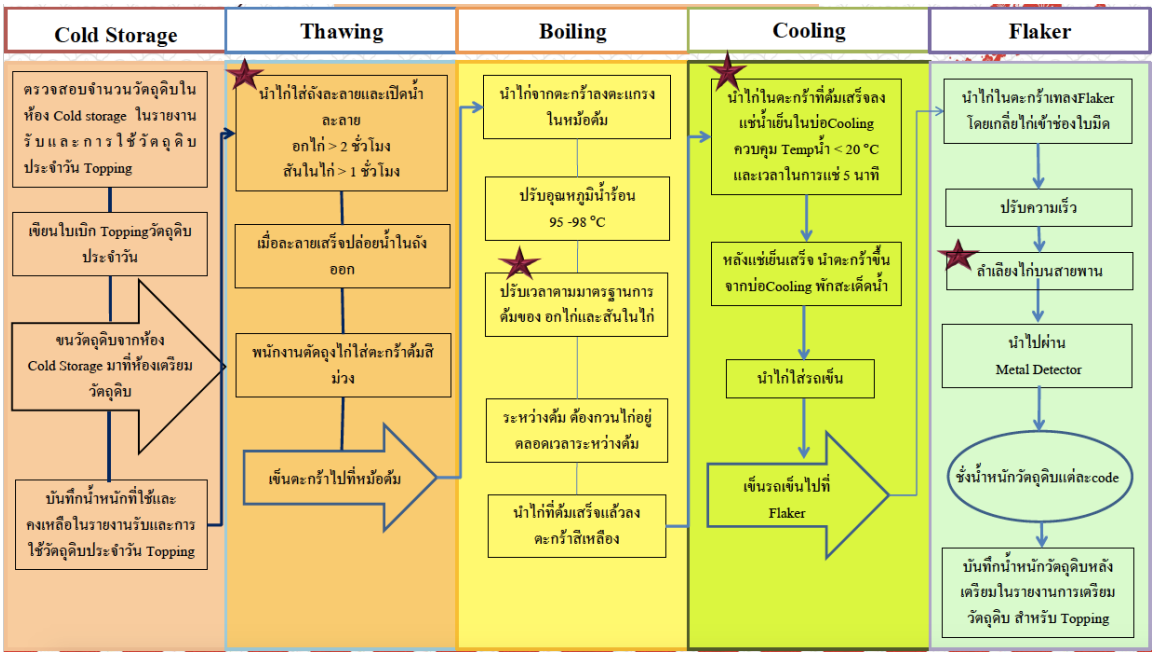
H_0: ใช้เวลาในการละลายสันในไก่ $\leq$ 1ชั่วโมง

H_A: ใช้เวลาในการละลายสันในไก่ > 1ชั่วโมง

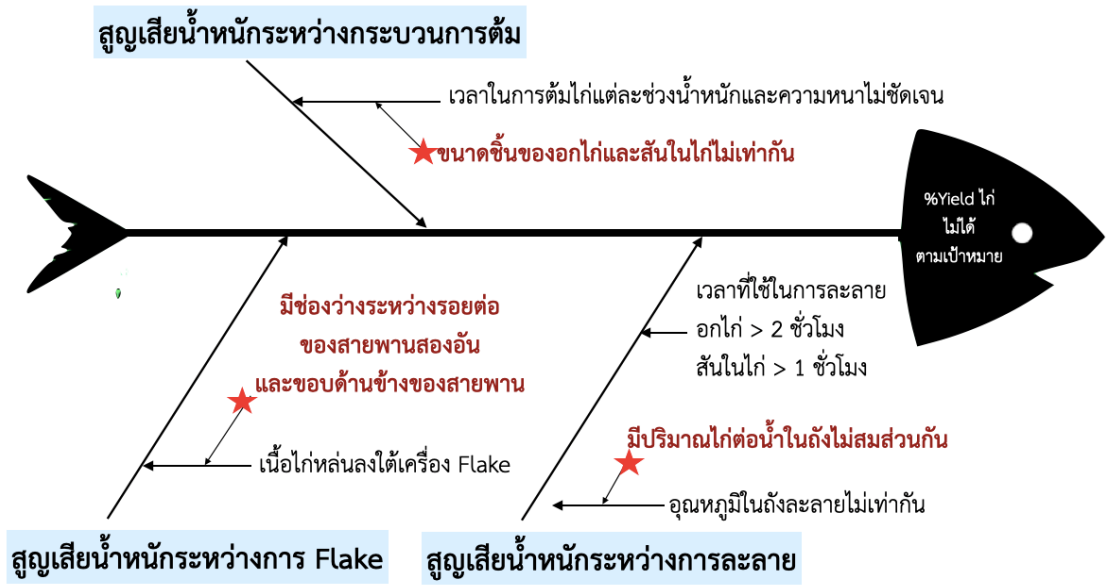
ผลการทดสอบสมมติฐานพบว่า มีค่า P-Value เท่ากับ 0.008 ซึ่งน้อยว่า 0.05 จึงสรุปว่าสมมติฐานเป็นจริง

ปัจจัยที่ 2 ทำการศึกษาว่ามีปริมาณไก่ต่อน้ำในถังละลายไม่สมส่วนกัน ทดสอบโดยการสังเกตุและเก็บข้อมูล (Observation) โดยตั้งสมมติฐานในการทดสอบเป็นปริมาณไก่ในถังละลายกับน้ำไม่สมดุลกันจริงหรือไม่ จากข้อมูลพบว่าปริมาณไก่ต่อน้ำในถังละลายไม่สมดุลกันจริง สรุปว่าสมมติฐานเป็นจริง จึงเปลี่ยนวิธีการละลายจากแบบแช่ในอ่างน้ำเป็นการใช้การละลายด้วยไฟฟ้าแทน (Thermoacoustic Thawing) เพราะการละลายไฟฟ้าจะเร่งการเปลี่ยนเฟสของน้ำแข็งให้มีระเบียบมากขึ้นและเร่งการถ่ายเทความร้อนจากภายในเนื้อไก่ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการละลายลดลง กลไกละลายด้วยไฟฟ้าเมื่อเทียบกับกลไกการถ่ายเทความร้อนแบบธรรมชาติ พบว่าการประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าเพื่อการละลายมาใช้ในการละลายอาหารแช่แข็งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายได้ [13]

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001



รูปที่ 4 รายละเอียดกระบวนการแปรรูปไก่แช่แข็ง



รูปที่ 5 การวิเคราะห์แผนผังก้างปลา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

สาเหตุที่ 2: เกิดการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างกระบวนการต้มไก่ ปัจจัยที่ศึกษาคือ ขนาดชิ้นของอกไก่และสันในไก่ที่ขนาดไม่เท่ากันของแต่ละ Supplier ส่งผลทำให้เวลาที่ใช้ในการต้มไก่ไม่สม่ำเสมอกัน ทำการทดลองโดยสุ่มชั่งน้ำหนักและวัดขนาดของไก่แต่ละ Supplier และนำน้ำหนักไก่หลังละลายมาวิเคราะห์ในโปรแกรม Minitab โดยใช้วิธีเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดย One Way Anova

กำหนดสมมติฐาน

H_0: $\mu_A=\mu_B=\mu_C=\mu_D=\mu_E$

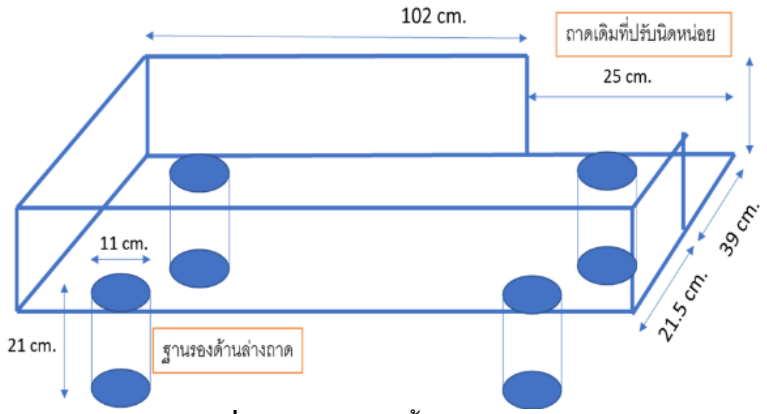
H_A: มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

โดยกำหนดให้ A,B,C,D และ E คืออกไก่และสันในไก่ที่มีขนาดไม่เท่ากันของแต่ละ Supplier สำหรับผลการทดสอบสมมติฐานเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยใช้โปรแกรม Minitab พบว่ามีค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงปฏิเสธ H_0 คือขนาดชิ้นและน้ำหนักของอกไก่และสันในไก่ของแต่ละ Supplier มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทำให้ใช้เวลาในการต้มไก่ไม่สม่ำเสมอกันซึ่งส่งผลให้ %Drip Loss เกิดขึ้นมากตามไปด้วย

สาเหตุที่ 3: การสูญเสียน้ำหนักระหว่างกระบวนการ Flake ไก่ พบเนื้อไก่หล่นลงบนถาดใต้เครื่อง Flake และมีการปนเปื้อน ทดสอบสมมติฐานโดยใช้ Observation สมมติฐานในการทดสอบคือมีเศษเนื้อไก่ตกลงใต้เครื่อง Flake ที่ได้รับการปนเปื้อนจากน้ำชะล้างพื้นจริงหรือไม่ ผลการทดสอบพบว่ามีเศษเนื้อไก่ตกใต้เครื่อง Flake และปนเปื้อนจริง แสดงว่าสมมติฐานเป็นจริง จึงทำการแก้ไขโดยออกแบบถาดรองเศษเนื้อไก่ใต้เครื่อง Flake แบบใหม่ให้มีขนาดสูงขึ้นจากเดิมอีก 10 เซนติเมตร ซึ่งจะสูงชิดกับด้านล่างของเครื่อง Flake พอดี แสดงดังรูปที่6 จากการพิสูจน์ทั้ง 3 สาเหตุ สามารถสรุปมาตรการแก้ไข ได้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปมาตรการแก้ไขปัญหา

ปัญหา	การวิเคราะห์ทางสถิติ	มาตรการแก้ไข
1. สูญเสียน้ำหนักในกระบวนการละลายไก่	1-Sample t-Test	เปลี่ยนการละลายเป็นแบบการละลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม
2. สูญเสียน้ำหนักในการต้มไก่	One Way Anova	สร้างมาตรฐานเวลาในการต้มไก่แบบแห้ง
3. สูญเสียน้ำหนักในการ Flake ไก่	Observation	ทำอุปกรณ์รองเศษเนื้อไก่ในขั้นตอน Flake ขึ้นมาใหม่



รูปที่ 6 ถาดรองเศษเนื้อไก่หลังปรับปรุง

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

3.4 ผลการปรับปรุง

ผลการปรับปรุงแก้ไขและข้อมูลเปรียบเทียบทั้งก่อนและหลังการดำเนินการของทั้ง 3 มาตรการ ดังนี้

มาตรการที่ 1: การละลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม การเปลี่ยนวิธีในการละลายจากแบบละลายไก่ด้วยการแช่น้ำเป็นการละลายไก่ด้วยไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม ทำให้ลด %Drip Loss หลังละลายลงจากเดิมคิดเป็น 19% เพราะการละลายแบบใช้ไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลมมีหลักการทำงานคือ ไก่แช่แข็งหรือผลึกน้ำแข็งที่อยู่ด้านในและรอบนอกของไก่จะมีพันธะที่เชื่อมระหว่างโมเลกุลคือพันธะไฮโดรเจน เมื่อได้รับความร้อนที่มาจากน้ำที่เติมเข้าไปในถังละลายจะทำให้พันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย ผลึกน้ำแข็งจึงยุบตัวเกิดการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว ซึ่งช่วงนี้จะมีการสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของไก่ฉีกขาดเมื่อตอนที่ยังคงสถานะเป็นน้ำแข็ง เมื่อละลายจะทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อไก่ละลายออกมาด้วยหากยิ่งใช้เวลานานไก่จะสูญเสียน้ำหนักมากตามไปด้วย

แต่การละลายโดยใช้ไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลมจะทำให้เมื่อไก่เริ่มละลายนั้นในขณะเดียวกันโปรตีนที่อยู่ในเนื้อไก่เมื่อเจอกับน้ำจะเกิดการแตกตัวเป็นกรดอะมิโน ซึ่งในโครงสร้างของกรดอะมิโนจะมีประจุอยู่ เมื่อมาเจอกับกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยประจุออกมาโดยประจุบลบจากขั้วไฟฟ้าจะไปจับกับประจุบวกของไก่และประจุบวกจะไปจับกับประจุลบ เมื่อเป็นเช่นนี้จะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของไก่กับไฟฟ้าทำให้เกิดพลังงานความร้อนและไก่ก็จะดูดพลังงานความร้อนนี้เข้าไป ส่งผลให้ไก่เกิดการละลายได้เร็วกว่าการละลายโดยแช่น้ำเพียงอย่างเดียว โดยผลที่ได้จากการเปลี่ยนวิธีการละลายเป็นการละลายแบบไฟฟ้า พบว่า สามารถลด %Drip Loss ของอกไก่จากเดิมมีค่าเฉลี่ย คือ 2.00% ลดเหลือ 0.89% และสำหรับสันในไก่มีค่าเฉลี่ย %Drip Loss จากเดิม 0.57% ลดลงเหลือ 0.01% หรือสามารถคิดเป็นร้อยละการลดลงของ %Drip Loss สำหรับอกไก่และสันในไก่ คือ 55.50% และ 98.25% ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

มาตรการที่ 2: การสร้างมาตรฐานเวลาในการต้มให้เหมาะกับความหนาและน้ำหนักของไก่ สำหรับการต้มแบบแห้งทำการปรับปรุงโดยปรับลดเวลาในการต้มไก่ลงจากข้อมูลปัจจุบันทำการต้มสันใน 5 นาที สำหรับอกไก่ที่มีน้ำหนัก 190–355 กรัม/ชิ้น จะใช้เวลาต้ม 18 นาที และอกไก่ที่มีน้ำหนัก 356–500 กรัม/ชิ้น ใช้เวลาต้ม 24 นาที และไม่มีการ Cooling ไก่ทุกประเภทหลังต้ม ทำให้น้ำหนักไก่สูญเสียหลังการต้มเป็นปริมาณมาก

ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงโดยทดลองลดเวลาต้มไก่ลงและตรวจสอบความสุกของชิ้นไก่โดยวัดอุณหภูมิใจกลางชิ้นไก่ว่าอยู่ในระดับที่ตั้งไว้คือ 70-75% แล้วหรือไม่ ร่วมกับเพิ่มการ Cooling ไก่ทุกประเภท หลังต้ม 2 นาที เพื่อยับยั้งความร้อนในชิ้นไก่ป้องกันไม่ให้ชิ้นไก่สุกจนเกินไป (Overcook) จะช่วยทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อไก่ถูกทำลายน้อยลง ส่งผลให้เนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น [14-15] ทำให้ได้เวลามาตรฐานในการต้มไก่ขึ้นมาใหม่ โดยมีเวลาสำหรับการต้มสันในไก่ อยู่ที่ 4 นาที อกไก่ที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 190-250 กรัม/ชิ้น ทำการต้ม 14 นาที และขนาด 251-355 กรัม/ชิ้น ต้ม 15 นาที และขนาด 356-500 กรัม/ชิ้น คงเวลาการต้มเท่าเดิมที่เวลา 24 นาที เนื่องจากเป็นเวลาต้มไก่ที่ทำให้ชิ้นไก่สุกพอดีที่วัดอุณหภูมิใจกลางไก่ได้ 70-75 องศาเซลเซียสแล้ว จึงทำให้มีร้อยละการสูญเสียน้ำหนักไก่ลดน้อยลง ส่งผลให้ %Yield เพิ่มมากขึ้น สำหรับไก่ทุกประเภทดังตารางที่ 3

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบ %Drip Loss

ข้อมูล	การเกิด Drip Loss		
	ก่อน	หลัง	%การปรับปรุง
อกไก่	2.00%	0.89%	55.50%
สันในไก่	0.57%	0.01%	98.25%

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการปรับปรุงเรื่องเวลาการต้ม

น้ำหนัก (กรัม)	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
	เวลาต้มไก่ (นาที)	เวลา Cooling (นาที)	%Yield	เวลาต้มไก่ (นาที)	เวลา Cooling (นาที)	%Yield
40-70	5	-	69	4	2	76
190-250	18	-	67	14	2	77
251-355	18	-	67	15	2	78
356-500	24	-	72	24	2	75

มาตรการที่ 3: ออกแบบถาดรองเศษเนื้อไก่ให้สูงขึ้น ผลที่ได้คือเมื่อถาดรองสูงขึ้นน้ำจะไม่กระเด็นโดนไก่ซึ่งสามารถยืดอายุการเสื่อมเสียของไก่ลงได้ เมื่อพนักงานมาตรวจเช็คไก่ก็พบว่ากลิ่นของไก่จะอยู่ในสภาพที่ดีและสามารถนำกลับไปต้มใหม่ได้ ทำให้เศษเนื้อไก่ที่ไม่สามารถนำกลับไปต้มใหม่ลดลงเหลือเพียง 0.08 กิโลกรัมต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละการลดลง 94.63% แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเศษเนื้อไก่ใต้เครื่อง Flake ก่อนและหลังปรับปรุง

เศษเนื้อไก่ที่ต้องทิ้ง (กิโลกรัมต่อวัน)		
ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ร้อยละการลดลง
1.49	0.08	94.63%

4. บทสรุป

จากการศึกษากระบวนการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยง อันประกอบไปด้วยกระบวนการรับวัตถุดิบมาจากห้องแช่แข็ง นำมาละลาย แล้วนำไปต้ม ทำให้เย็นและนำเข้าเครื่อง Flake เพื่อเพิ่ม %Yield ของไก่แช่แข็ง โดยนำหลักการ DMAIC มาประยุกต์ใช้และได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา 3 แนวทาง คือ (1) เปลี่ยนวิธีการละลายไก่จากเดิมเป็นการแช่น้ำในถังละลายปกติ เปลี่ยนเป็นการละลายด้วยไฟฟ้าร่วมกับน้ำและลม (2) จัดทำเวลามาตรฐานในการต้มไก่ให้เหมาะสมกับขนาดของอกไก่และสันในไก่ และ (3) ออกแบบถาดรองเศษเนื้อไก่ใต้เครื่อง Flake แบบใหม่ให้มีขนาดสูงขึ้นสำหรับการต้มแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ได้ 8.55% และ 7.55% ตามลำดับ และสำหรับการต้มแบบแห้งไก่สามารถเพิ่มร้อยละผลผลิตของอกไก่และสันในไก่ได้ 1.70% และ 5.30% ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม สำหรับกระบวนการผลิตเครื่องปรุงโรยหน้าอาหารสัตว์เลี้ยงของบริษัทกรณีศึกษาที่พบว่ามีความสูญเสียเกิดขึ้นอยู่บ้าง นั้นก็หมายความว่ายังมีโอกาสที่จะสามารถพัฒนาและปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ หากเพียงแต่ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเล็งเห็นความสำคัญในการที่จะพัฒนาให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จัดตั้งทีมงานเพื่อทำความเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้น ทำการศึกษากระบวนการและเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาอย่างจริงจัง ก็จะส่งผลให้เกิดผลลัพธ์อย่างเป็นรูปธรรมได้ อย่างไรก็ตามสำหรับแนวทางที่นำเสนอไปทั้งหมดนั้นต้องมีการควบคุมและติดตามผลอย่างสม่ำเสมอร่วมด้วย เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปปัจจัยที่เกี่ยวข้องอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรณีศึกษาที่ให้โอกาสนักศึกษาปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ และขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปราจีนบุรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] J.S. Roberts, O. Balaban, R. Zimmerman and D. Luzuriaga, Design and testing of a prototype ohmic thawing unit, Journal Computers and Electronics in Agriculture, 1998, 19, 211–222.

[2] P.S. Pande, R. Neuman and R.R. Cavanagh, The six sigma way: How GE, motorola and other top companies are honing their Performance, McGraw-Hill, NY, 2000.

[3] J. Antony, Six sigma in the UK service organizations: Results from a pilot survey, Managerial Auditing Journal, 2004, 19(8), 1006-1013.

[4] D.A. Edward and J. Maleyeff, The integration of lean management and Six Sigma. The TQM Magazine, 2005, 17(1), 5-18.

[5] J. Antony and R. Banuelas, Key ingredients for effective implementation of six sigma program. Measuring Business Excellence, 2002, 6(4), 20-27.

[6] J. Antony and C. Fergusson, Six sigma in the software industry: Results from a pilot study. Managerial Auditing Journal, 2004, 19(8), 9-11.

[7] N. Supphachai, Quality control, Se-education Public company Limited, Bangkok, 2008. (in Thai).

[8] K. Mongkol, Application of analytic hierarchy process to select quality improvement for defect reduction projects: A case study of air tank manufacturer, Journal of Engineering, RMUTT, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 2018, 16(2), 71-83. (in Thai).

[9] P. Sripuwong, Increasing efficiency productivity of filament IQF jumbo stick packing size 500 g., Thesis, Siam University, Thailand, 2018. (in Thai).

[10] R. Pakkanan and R. Puntaporn, Reduce waste of delayed on process powder beverage loading by apply DMAIC case study of powder beverage industry, Journal of Marketing and Management, 2019, 6(2), 67-81. (in Thai).

[11] N. Nikhil, P.G. Saleeshyab and H. Priya, Bottleneck Identification and Process improvement by lean Six Sigma DMAIC methodology, Journal Materials Today: Proceedings, 2020, 24, 1217–1224.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (The Journal of Industrial Technology)
ISSN (Print): 1686-9869, ISSN (online): 2697-5548
DOI: 10.14416/j.ind.tech.2023.07.001

[12] M.H.F. Arifin, S.A Mustaniroh and S. Sucipto, Application of the Six Sigma DMAIC in quality control of potato chips to reduce production defects, Earth and Environmental Science, 2021, 924, 012056.

[13] T.J. Mason, L. Paniwnyk, J.P. Lorimer. The uses of ultrasound in food technology, Ultrasonics Sonochemistry, 1996, 3, 253-260.

[14] R.Y. Murphy and B.P. Marks, Effect of meat temperature on properties, texture, and cook loss for ground chicken breast patties, Poultry Science, 2000, 79(1), 99-104.

[15] S. Wattanachant, S. Benjakul and D. A. Ledward, Effect of heat treatment on changes in texture, structure, and properties of Thai indigenous chicken muscle, Food Chemistry, 2005, 93(2), 337-348.