



การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดจุดบกพร่องในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์โดยการประยุกต์ใช้เทคนิค DMAIC: กรณีศึกษา บริษัท เพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน)

ธัญญา พันธุ์สุวรรณ¹ ธนวรรณ บุญรัตนกรกิจ¹ รัชฎาพนธ์ สิงห์ปัน² เกติพันธ์ กิตติพงศ์พิทยา¹ และ นาฏกานต์ จักรหาญวัฒน์^{*}

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตรและการจัดการ, คณะอุตสาหกรรมเกษตรดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

² บริษัท เพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน)

^{*} ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: nattakan.c@agro.kmutnb.ac.th

วันที่รับบทความ: 16 ธันวาคม 2567; วันที่ทบทวนบทความ: 2 พฤษภาคม 2568; วันที่ตอบรับบทความ: 28 พฤษภาคม 2568

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 19 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ: การผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ให้มีคุณภาพสูง ปราศจากข้อบกพร่องถือเป็นความท้าทายที่สำคัญในกระบวนการผลิตอาหาร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เทคนิควิธี DMAIC ในการตรวจสอบและปรับปรุงการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์อย่างเป็นระบบ สำหรับลดความแปรปรวนในการผลิตและยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มจากศึกษาลักษณะจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าลักษณะเบี่ยงของผลิตภัณฑ์เป็นจุดบกพร่องที่พบมากที่สุด (ร้อยละ 21) แต่เกิดจากแม่พิมพ์เสื่อมสภาพและได้รับการแก้ไขด้วยการเปลี่ยนแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการแก้ปัญหาลักษณะหน้าต่าง (ร้อยละ 20) ซึ่งมีสัดส่วนของเสียรองลงมา และมีสาเหตุจากกระบวนการผลิต จากนั้นวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงของสาเหตุดังกล่าวโดยใช้แผนผังก่อเหตุและผลพบว่ามีปัจจัยด้านปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์และความเร็วของการปั่นผสมในกระบวนการหมักโดส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) หลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่า อัตราของเสียของขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่างลดลงร้อยละ 77.29 โดยผลการวิจัยนี้ถือเป็นการนำเสนอกรอบการทำงานสำหรับผู้ผลิตในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานลดความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับมาตรฐานคุณภาพ ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางเชิงกลยุทธ์ในการปรับปรุงการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมปังรวมถึงขยายผลไปยังการผลิตอาหารอื่นต่อไป

คำสำคัญ: การปรับปรุงกระบวนการผลิต; จุดบกพร่อง; ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์, เทคนิค DMAIC

The Production Process Improvement to Reduce Defect in Hamburger Buns by Applying DMAIC Technique: A Case Study of President Bakery Public Company Limited

Thananya Phansuwan¹, Thanawan Boonyarattanakornkit¹, Prachayapon Shingpun²,
Ketinun Kittipongpittaya¹ and Nattakan Jakkranhwat^{1*}

¹ Department of Agro-Industry Technology and Management, Faculty of Digital Agro-Industry,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok Prachinburi Campus, Prachin Buri, Thailand

² President Bakery Public Company Limited., Bangkok, Thailand

* Corresponding author, E-mail: nattakan.c@agro.kmutnb.ac.th

Received: 16 December 2024; Revised 2 May 2025; Accepted: 28 May 2028

Online Published: 19 August 2025

Abstract: Producing hamburger buns that meet high-quality standards and are free from defects remains a critical challenge in the food production industry. This research aims to apply the DMAIC technique to systematically investigate and improve hamburger bun production processes, with the goal of reducing manufacturing variability and enhancing product quality. An initial defect analysis identified warpage (21%) as the most frequent defect, attributed to mold deterioration and resolved through mold replacement. Therefore, efforts focused on reducing color variation (20%), the second most prevalent defect, linked to process instability. Root cause analysis using a cause and effect diagram identified that the volume of cooling water in the sponge process and the mixing velocity during the dough process significantly influenced the occurrence of discoloration ($p \leq 0.05$). Following process improvements, the defect rate of hamburger buns with discoloration decreased by 77.29%. This study proposes a structured framework to enhance operational efficiency, reduce product variability, and ensure quality compliance, thereby offering a strategic approach for improving hamburger bun production and extend its applicability to other food manufacturing processes.

Keywords: Process improvement; Defect; Hamburger Buns; DMAIC Technique

1. บทนำ

ขนมปัง (Bread) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการนำแป้งสาลีมาผสมกับน้ำตาล น้ำ และเกลือ รวมถึงวัตถุดิบอื่น ๆ จนได้แป้งโด (Dough) ที่มีความเหนียว ยืดหยุ่น และสามารถกักเก็บแก๊สได้ จากนั้นจึงนำไปผ่านกระบวนการอบ (Baking) เพื่อให้เนื้อสัมผัสเบา มีรูพรุน และเหมาะสมต่อการบริโภค [1, 2] ในบรรดาขนมปังชนิดต่าง ๆ ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ (Hamburger Buns) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการสูงในร้านอาหารฟาสต์ฟู้ดและเบเกอรี่ โดยเฉพาะในกลุ่มตลาดค้าปลีกและบริการอาหารแบบเร่งด่วน ซึ่งต้องการสินค้าที่มีคุณภาพคงที่และรูปลักษณ์สม่ำเสมอ ดังนั้นขนมปังแฮมเบอร์เกอร์จึงต้องใช้แป้งที่มีโครงสร้างแข็งแรงเพื่อทนต่อการขึ้นฟูของโด มีลักษณะเหนียว และต้องสามารถกักเก็บแก๊สสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นขนมปัง [3]

สำหรับการผลิตอาหาร ปัจจัยด้านคุณภาพและความปลอดภัย รวมถึงความสม่ำเสมอของสินค้าล้วนเป็นสิ่งสำคัญต่อการตัดสินใจของผู้บริโภค ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องรู้คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของสินค้าที่ส่งผลต่อการตัดสินใจซื้อของผู้บริโภค รวมถึงต้องมีกระบวนการควบคุมคุณภาพสินค้าผลิตตั้งแต่วัตถุดิบ กระบวนการผลิต และการเก็บรักษา เพื่อให้สินค้าเป็นไปตามข้อกำหนดด้านกฎระเบียบหรือมาตรฐานความปลอดภัยและความต้องการของผู้บริโภคมากที่สุด โดย Chen *et al.* [4] ระบุว่า รูปลักษณ์และสีของขนมปังเป็นปัจจัยแรกๆ ที่ผู้บริโภครับรู้และใช้ในการตัดสินใจซื้อ ซึ่งทำให้คุณลักษณะเหล่านี้กลายเป็นตัวชี้วัดสำคัญของคุณภาพผลิตภัณฑ์ หากขนมปังมีสีหรือรูปลักษณ์

ไม่สม่ำเสมอ อาจถูกตีความว่าไม่สดใหม่หรือไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลให้ผู้บริโภคปฏิเสธการซื้อและก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นเพื่อควบคุมคุณภาพด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบการจำเป็นต้องพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดข้อบกพร่อง (Defects) โดยเฉพาะการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่องควรดำเนินการอย่างเป็นระบบ ด้วยการใช้เทคนิคหรือเครื่องมือที่เชื่อถือได้เพื่อระบุสาเหตุที่แท้จริงและดำเนินการแก้ไขอย่างตรงจุด ป้องกันสินค้าที่มีจุดบกพร่องถึงมือผู้บริโภค

เทคนิค DMAIC เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาย่อยเป็นระบบ ภายใต้แนวทางการปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพของซิกซ์ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในหลายภาคส่วนรวมถึงอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต ลดจุดบกพร่อง และเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สูงสุด โดย Widiwati *et al.* [5] พบว่าเทคนิค DMAIC ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตขนมไหว้พระจันทร์ โดยสามารถลดของเสียจากกระบวนการผลิตลงได้ร้อยละ 50.26 และลดเวลาที่สูญเสียไประหว่างการผลิตจาก 194 นาที เหลือเพียง 87 นาที ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมของกระบวนการเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.79 ในขณะที่ Arifin *et al.* [6] ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพมันฝรั่งทอดของบริษัท SME แห่งหนึ่งในประเทศอินโดนีเซีย โดยมุ่งลดข้อบกพร่องด้านความกรอบและความสม่ำเสมอของขนาดผลิตภัณฑ์ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค DMAIC เพื่อวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาเชิงระบบ ผลการวิเคราะห์พบว่า ปัญหาด้านความกรอบมีสาเหตุหลักจากจำนวนแรงงานไม่เพียงพอ



รวมถึงพนักงานขาดการอบรมคุณภาพวัตถุดิบและการทอดที่ได้มาตรฐาน ส่วนปัญหาด้านความสม่ำเสมอของขนาดผลิตภัณฑ์เกิดจากแรงงานจำกัดและการขาดเครื่องคัดขนาด

โดยทั่วไป เทคนิค DMAIC ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define), การวัดผลกระบวนการ (Measure), การวิเคราะห์ (Analyze), การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) ซึ่งถือเป็นแนวทางเชิงระบบที่ช่วยให้สามารถระบุสาเหตุของปัญหาได้อย่างเป็นรูปธรรม และสนับสนุนการออกแบบแนวทางแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเฉพาะในกระบวนการผลิตอาหารที่ต้องอาศัยข้อมูลและการควบคุมคุณภาพอย่างแม่นยำ [5-7]

จากข้อมูลการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาพบว่า แม้กระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์จะได้รับการออกแบบมาอย่างเป็นระบบ แต่ยังคงพบข้อบกพร่องในผลิตภัณฑ์ที่สะสมเป็นอัตราของเสียในระดับที่ไม่สามารถมองข้ามได้ในเชิงต้นทุน โดยเฉพาะข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการวิเคราะห์หาสาเหตุอย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจปรับปรุงกระบวนการอย่างตรงจุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิค DMAIC ในการวิเคราะห์และปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ โดยมุ่งลดอัตราของเสียในสายการผลิต ผ่านการศึกษาสาเหตุเชิงเทคนิคและออกแบบแนวทางควบคุมที่สามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในระดับอุตสาหกรรม เพื่อสนับสนุนการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตาม

มาตรฐาน ลดต้นทุนความสูญเสีย และยกระดับความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจในระยะยาว

2. วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 ศึกษากระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์

ศึกษาส่วนผสมและขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตตั้งแต่กระบวนการเตรียม การผลิต การบรรจุ และการรอจัดส่งสินค้า

2.2 การประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

การประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ดำเนินภายใต้กรอบการวิเคราะห์ตามแนวทางการนำเสนอของ Monday [7] ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน Define Measure Analyze Improve และ Control โดยมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดขอบเขตปัญหา (D: Define Phase) คือ การกำหนดขอบเขตปัญหาที่ก่อให้เกิดขนมปังแฮมเบอร์เกอร์เป็นของเสีย โดยศึกษาจากปริมาณการผลิตตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ด้วยวิธีการสังเกต จากนั้นนำข้อมูลมาจำลองในรูปแบบ SIPOC (Supplier Input Process Output Customer) เพื่อจำแนกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องและเข้าใจขอบเขตงานมากขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 การวัดผลกระบวนการ (M: Measure Phase) เป็นการกำหนดตัวชี้วัดสำหรับวัดผลกระบวนการที่เกี่ยวข้อง โดยสังเกตการทำงานของพนักงานและทำการเก็บข้อมูลปริมาณสินค้าที่ผลิตได้จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าร้อยละผลผลิตที่ได้ (Yield) เพื่อวิเคราะห์ประเมินการเกิดลักษณะจุดบกพร่องของ



ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่ผลิตได้ของแต่ละขั้นตอนการผลิต และนำไปหาแนวทางในการปรับปรุงต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ (A: Analyze Phase) คือ การพิสูจน์ตัวแปรสำคัญที่เป็นสาเหตุของปัญหามากที่สุด โดยงานวิจัยนี้ใช้แผนผังสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า “แผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram)” ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบและครอบคลุม โดยมีหลักการแบ่งสาเหตุออกเป็นหมวดหมู่หลัก เช่น บุคลากร (Man) วิธีการทำงาน (Method) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine) วัตถุดิบหรือวัสดุที่ใช้ (Material) และสิ่งแวดล้อมในการผลิต (Environment) เพื่อนำไปสู่การระบุสาเหตุที่มีผลกระทบมากที่สุดต่อปัญหา และเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การปรับปรุง (I: Improve Phase) เป็นขั้นตอนของการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยอ้างอิงจากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งระบุปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องของขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ จากนั้นดำเนินการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราของเสียจากข้อบกพร่องก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อประเมินประสิทธิผลของแนวทางที่นำมาใช้

ขั้นตอนที่ 5 การควบคุม (C: Control Phase) เป็นขั้นตอนการวางแผนและออกแบบ โดยนำข้อปฏิบัติในขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการมาจัดทำเป็นคู่มือให้พนักงานศึกษาและปฏิบัติตาม เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาซ้ำเดิมอีกในอนาคต

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี t-test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยวิธี Pearson Correlation ด้วยโปรแกรม SPSS version 25.0

3. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

3.1 ข้อมูลทั่วไปของกระบวนการผลิต

บริษัท เพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน) เป็นหนึ่งในกลุ่มธุรกิจอาหารของบริษัท สหพัฒน์พิบูล จำกัด โดยดำเนินการผลิตและจำหน่ายขนมปังและเบเกอรี่ภายใต้แบรนด์ “ฟาร์มเฮ้าส์” ด้วยกำลังการผลิตประมาณ 36,000 ชิ้นต่อชั่วโมง โดยใช้ระบบเครื่องจักรเป็นหลัก จากการศึกษากระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์พบว่า แม้ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะได้มาตรฐานที่กำหนดสำหรับการจำหน่ายแก่ลูกค้า แต่ยังมีบางส่วนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ เช่น ลักษณะเบี้ยวหน้ายุบ ขนาดไม่สม่ำเสมอ กันไหม สีไม่เหมาะสมหรือมีลักษณะหน้าต่าง รวมถึงกรณีสองชิ้นติดกันเป็นชั้นเดียว ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะถูกคัดแยกออกและนำไปจำหน่ายเป็นขนมปังเลี้ยงปลาต่อไป

3.2 ผลการประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC เพื่อวิเคราะห์และปรับปรุงข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์

3.2.1 ขอบเขตของปัญหา

จากรูปที่ 1 เป็นกระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ เพื่อแสดงลำดับขั้นตอนของการผลิตโดยรวม ทั้งนี้เพื่อให้สามารถระบุขอบเขตของปัญหาได้อย่างชัดเจนและเป็นระบบ ผู้วิจัยได้จำลอง



บทความวิจัย

กระบวนการในรูปแบบ SIPOC ดังตารางที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตขนมปังแอมเบอร์เกอร์

กระบวนการผลิตเริ่มจากวัตถุดิบถูกส่งเข้าสู่โรงงาน ผ่านการตรวจรับคุณภาพแล้วนำวัตถุดิบมาผสมกันในขั้นตอนสฟอง (Sponge) โดยแป้งสาลีผสมกับน้ำเพื่อพัฒนาโครงสร้างกลูเตน (Gluten) ซึ่งช่วยให้แป้งมีความเหนียวและยืดหยุ่น จากนั้นเติมน้ำยีสต์เพื่อเริ่มกระบวนการหมัก ซึ่งยีสต์จะย่อยสลายน้ำตาลให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่แทรกตัวในโครงสร้างแป้ง ทำให้ปริมาตรแป้งเพิ่มขึ้นและ

ตารางที่ 1 SIPOC ของการผลิตขนมปังแอมเบอร์เกอร์

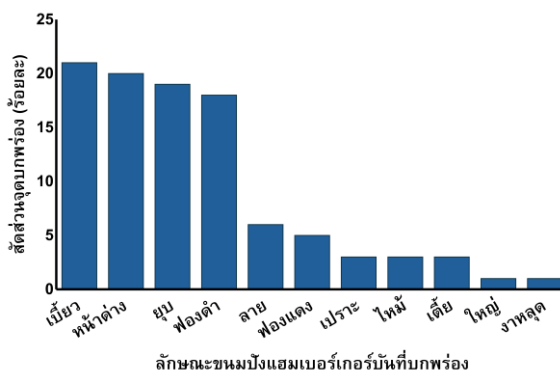
Supplier	Input	Process	Output	Customer
ผู้ส่ง วัตถุดิบ	ยีสต์	เตรียมสฟอง	ขนมปัง	ลูกค้าหรือ ร้านค้าได้รับ ผลิตภัณฑ์ ที่มีคุณภาพ ตรงตาม ข้อกำหนด
	น้ำตาล	บ่มสฟอง	แอมเบอร์- เกอโรบสูง	
	แป้ง	ปั้นผสมแป้งโด	มีสีและ	
	ไขมัน	ตัดตกแต่งแป้งโด	รูปลักษณะ	
	น้ำ	รีดอากาศ	ตามเกณฑ์	
	น้ำแข็ง	บ่มแป้งโด	คุณภาพ	
	เกลือ	ตกแต่งหน้า	บรรจุในถุง	
		อบ	สุญญากาศ	
		สไลด์เป็นแผ่น		
		บรรจุและปิดผนึก		

เกิดรูอากาศ (Air Cells) กระจายอยู่ภายใน ส่งผลให้แป้งมีลักษณะเบาและนุ่มคล้ายฟองน้ำ จึงเรียกว่า “สฟอง” เมื่อสฟองหมักเสร็จสมบูรณ์ จะถูกนำไปผสมกับแป้งสาลี น้ำ เกลือ และไขมัน เพื่อเตรียมเป็นแป้งโด (Dough) จากนั้นนำแป้งโดตัดแบ่งเป็นชิ้นและรีดเป็นแผ่น เพื่อนำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ต้องการ เพื่อให้เนื้อแป้งนุ่ม ยืดหยุ่น และไม่ขาดง่าย ขั้นตอนต่อไปแป้งโดจะถูกตกแต่งหน้าด้วยงาขาว ก่อนเข้าสู่กระบวนการอบ (Baking) ซึ่งจะทำให้ขนมปังสุกขึ้นฟูตามโครงสร้างที่กำหนด หลังจากอบเสร็จจะมีการนำขนมปังออกจากพิมพ์ด้วยเครื่องตัด จากนั้นจึงสไลด์ขนมปังออกเป็นสองส่วน บรรจุและปิดผนึกแบบสุญญากาศด้วยเครื่องอัดโนมิตี (Packing) และลำเลียงเข้าสู่กระบวนการเก็บรักษาในคลังสินค้า (Storing) เพื่อรอการจัดส่งสู่ลูกค้าต่อไป

3.2.2 การวัดผลกระบวนการเพื่อได้ปัญหาที่ควรปรับปรุง

จากการศึกษากระบวนการผลิตขนมปังแฮมเบอร์เกอร์และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์โดยใช้กราฟแท่ง (Bar Chart) เพื่อแสดงสัดส่วนของข้อบกพร่องแต่ละประเภท และใช้เป็นแนวทางเบื้องต้นในการกำหนดประเด็นที่ควรปรับปรุงในกระบวนการผลิต พบว่าอัตราของเสียจากกระบวนการผลิตคิดเป็นร้อยละ 2.81 ของปริมาณผลิตทั้งหมด โดยข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดคือผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเบี้ยว ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21.34 ของของเสียทั้งหมด (รูปที่ 2)

อย่างไรก็ตาม ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะเบี้ยวนั้นไม่ได้เกิดจากกระบวนการผลิตที่ผิดพลาด แต่เกิดจากแม่พิมพ์ที่เสื่อมสภาพ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนแม่พิมพ์ทันที จึงไม่ถือเป็นปัญหาที่ต้องดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตในระยะยาว ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นการปรับปรุงข้อบกพร่องที่เกี่ยวข้องกับลักษณะหน้าต่าง ซึ่งเป็นของเสียที่พบบ่อยลงมา (คิดเป็นร้อยละ 20.17) และมีสาเหตุจากความไม่สม่ำเสมอของกระบวนการผลิตที่สามารถวิเคราะห์และควบคุมได้ แม้ว่าข้อบกพร่องบางประเภท เช่น ยุบตัวหรือ ฟองดำ มีสัดส่วนของเสียใกล้เคียงกับหน้าต่าง แต่ผู้วิจัยเลือกปรับปรุงหน้าต่างก่อนเนื่องจากเป็นข้อบกพร่องที่สามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนจากลักษณะภายนอกของผลิตภัณฑ์ รวมถึงสามารถวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขได้อย่างเป็นระบบภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่ในกระบวนการผลิตปัจจุบัน เพื่อให้การปรับปรุงในระยะแรกนี้เกิดผลลัพธ์ที่ชัดเจน

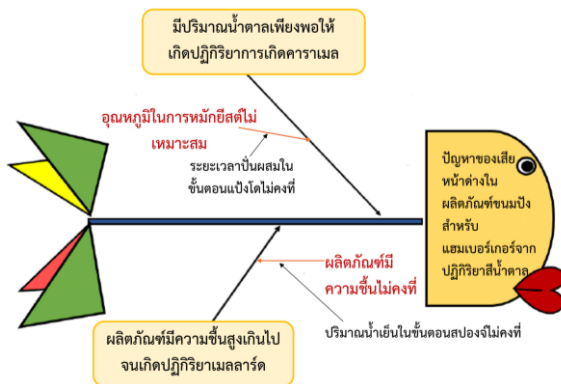


รูปที่ 2 ลักษณะจุดบกพร่องของขนมปังแฮมเบอร์เกอร์และวางรากฐานสำหรับการพัฒนาประเด็นอื่นในลำดับถัดไป

3.2.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหา

ผู้วิจัยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Fishbone Diagram) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นของปัญหาขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่าง อ้างอิงจากการสังเกตการณ์ในกระบวนการผลิตจริง ร่วมกับการระดมความคิดเห็นจากผู้จัดการ หัวหน้างาน ร่วมกับพนักงานฝ่ายผลิตและควบคุมคุณภาพ เพื่อระบุปัจจัยที่อาจเกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าว ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า 2 ปัจจัยหลักที่สามารถควบคุมได้ในระดับกระบวนการและมีแนวโน้มส่งผลโดยตรงต่อการเกิดลักษณะหน้าต่าง ได้แก่ ปริมาณน้ำเย็นที่เติมในขั้นตอนสปองจ์ และระยะเวลาในการปั่นผสมแป้งโด (รูปที่ 3) มีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณน้ำเย็นที่เติมในขั้นตอนสปองจ์ที่อาจทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยปริมาณน้ำเย็นที่ใช้ในกระบวนการสปองจ์มีผลโดยตรงต่อระดับความชื้น



รูปที่ 3 แผนผังแสดงเหตุและผลของปัญหาของเสียที่มีลักษณะหน้าต่างในผลิตภัณฑ์ขนมปังแอมเบอร์เกอร์

ของแป้ง ซึ่งความชื้นที่มากหรือน้อยเกินไปจะส่งผลต่อสภาพแวดล้อมภายในแป้งโด และกระบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างการอบ โดยทั่วไปกระบวนการอบขนมปังจะเกิดการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) และการถ่ายเทมวล (Mass Transfer) พร้อมกัน กล่าวคือความร้อนจากแหล่งความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่เนื้อขนมปัง ขณะที่ความชื้นภายในผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ และระเหยออกจากผิวชิ้นงานอย่างรวดเร็ว [8]

ในช่วงท้ายของกระบวนการอบ (ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เหลือประมาณร้อยละ 4 - 5) จะเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาเคมีแบบไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง เกิดเมื่อส่วนผสมที่มีน้ำตาลรีดิวซ์ เช่น กลูโคส (Glucose) จากน้ำตาลทรายทำปฏิกิริยากับโปรตีนในแป้งสาลีภายใต้สภาวะที่มีความร้อน โดยหมู่คาร์บอนิล (Carbonyl Group) ในน้ำตาลจะทำปฏิกิริยากับหมู่เอมิโนอิสระ (Free Amino Group) ของโปรตีน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพ และเกิด

สารเมลานอยด์ดิน (Melanoidin) ซึ่งเป็นสารสีน้ำตาลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง [9] ที่เป็นลักษณะสำคัญของการเกิดสีของขนมปัง โดยหากมีความชื้นที่ไม่สม่ำเสมอในเนื้อขนมปังจะทำให้การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดกระจายตัวไม่เท่ากัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีสีผิวไม่สม่ำเสมอ หรือเกิดลักษณะหน้าต่าง

2. ระยะเวลาในการบ่มผสมแป้งโดเป็นปัจจัยที่ถูกเลือกนำมาศึกษา เนื่องจากอาจก่อให้เกิดปฏิกิริยาการคาราเมล (Caramelization) ซึ่งเกิดเมื่อน้ำตาลสัมผัสความร้อนสูงเป็นเวลานานจนสลายตัว กลายเป็นพอลิเมอร์ของสารประกอบคาร์บอนที่มีสีเข้ม เรียกว่าคาราเมล (Caramel) [10] หากกระบวนการนี้ไม่สมบูรณ์ อาจส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงสีที่ผิวขนมปังไม่สม่ำเสมอ

3.2.4 แนวทางการปรับปรุงปัญหาที่เกิดขึ้น

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัญหาของเสีย หน้าต่างในผลิตภัณฑ์ขนมปัง สำหรับแอมเบอร์เกอร์ พบว่า มีสาเหตุมาจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำเย็น และระยะเวลาการบ่มผสมแป้งโด ซึ่งทุกสาเหตุถูกนำมาพิสูจน์สมมติฐานโดย ดังนี้

สาเหตุที่ 1: การทดสอบปัจจัยปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์: การทดลองครั้งนี้ออกแบบโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เพื่อศึกษาผลของปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์ต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแอมเบอร์เกอร์ โดยกำหนดปริมาณน้ำเย็นที่ใช้ในการทดลอง 7 ระดับ ได้แก่ ปริมาณน้ำเย็นตามสูตรมาตรฐาน (ตัวอย่างควบคุม) และปริมาณน้ำเย็นที่ปรับเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 10 และ 15



รวมถึงปริมาณน้ำเย็นที่ปรับลดลงร้อยละ 5 10 และ 15 โดยตัวอย่างแต่ละระดับถูกนำไปผลิตขนมปังภายใต้สภาวะการผลิตเดียวกัน แล้วถูกประเมินลักษณะของผิวหน้าขนมปังหลังการอบด้วยสายตาจากผู้เชี่ยวชาญฝ่ายควบคุมคุณภาพจำนวน 3 ท่าน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 และถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติภายใต้สมมติฐานดังนี้

สมมติฐานของปริมาณน้ำเย็น

H_0 : ปริมาณน้ำเย็นไม่ส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_a : ปริมาณน้ำเย็นส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 2 พบว่า การลดปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสโองจึงส่งผลต่ออัตราการเกิดลักษณะหน้าต่างของขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในกรณีที่ลดลงร้อยละ 15 ให้ผลดีที่สุด (อัตราของเสียเท่ากับร้อยละ 0.01) อย่างไรก็ตาม สภาวะนี้พบข้อบกพร่องใหม่ คือ ก้นขนมปังไม่เต็มเนื่องจากแป้งมีความชื้นไม่เพียงพอต่อการพัฒนาโครงสร้าง ดังนั้นเมื่อพิจารณาร่วมกับปัจจัยด้านคุณภาพโดยรวม จึงสรุปว่าการลดปริมาณน้ำเย็นลงร้อยละ 10 เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถลดลักษณะหน้าต่างลงได้มาก (เหลือร้อยละ 0.55) โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่า P-Value เท่ากับ 0.014 ($p \leq 0.05$) จึงปฏิเสธ H_0 สรุปได้ว่าปริมาณน้ำเย็นส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์

ตารางที่ 2 สัดส่วนของเสียขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่างจากการศึกษาปัจจัยปริมาณน้ำเย็น

สภาวะการทดลอง	ลักษณะหน้าต่างที่เกิดขึ้น (%)
ปริมาณน้ำเย็น ตาม สูตรมาตรฐาน (ตัวอย่างควบคุม)	21.01
ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 5	25.57
ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 10	32.82
ปริมาณน้ำเพิ่มขึ้นร้อยละ 15	34.11
ปริมาณน้ำลดลงร้อยละ 5	14.15
ปริมาณน้ำลดลงร้อยละ 10	0.55
ปริมาณน้ำลดลงร้อยละ 15	0.01

โดยทั่วไปการเกิดลักษณะสีน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมปังถือเป็นการเพิ่มลักษณะปรากฏที่ดีให้ผลิตภัณฑ์ที่มีผลเชิงบวกต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยลักษณะสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และน้ำที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตขนมปัง ซึ่งถูกเร่งปฏิกิริยาภายใต้สภาวะที่มีความชื้นระดับต่ำถึงปานกลาง (ร้อยละ 0-20) ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) น้อยกว่า 0.6 รวมถึงการมีอุณหภูมิสูงที่ผิวตัวอย่างอาหาร จากการให้ความร้อนตั้งแต่ 120 องศาเซลเซียส [8-11] โดย Soleimani Pour-Damanabet *et al.* [12] อธิบายว่า เมื่อขนมปังได้รับความร้อน ความชื้นของตัวอย่างจะเคลื่อนที่จากใจกลางตัวอย่างสู่ผิว และเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำที่ผิวของตัวอย่าง ซึ่งก่อให้เกิดก่อสร้างเปลือกแข็ง (Crust) ปกคลุมขนมปังและเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ผิวตามลำดับ ดังนั้นปริมาณความชื้นในตัวอย่างอาหาร



จึงมีผลต่อการเกิดเปลือกแข็งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างชัดเจนภายใต้ปฏิกิริยาเมลลาร์ด นอกจากนี้ Wong *et al.* [9] พบว่าปฏิกิริยาสีน้ำตาลประเภทเมลลาร์ด จะเกิดขึ้นได้เมื่อผิวของผลิตภัณฑ์มีความชื้นต่ำมาร่วมกับได้รับความร้อนเพียงพอ ดังนั้นการทดลองโดยการใส่น้ำเย็นในชั้นตอนสเปกจึงในงานวิจัยนี้ ถือเป็นแนวทางที่สามารถควบคุมความชื้นเริ่มต้นของแป้งให้เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดได้ อย่างไรก็ตามการเพิ่มปริมาณน้ำที่สูงเกินไป (ความชื้นเกินร้อยละ 60) อาจส่งผลให้ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์เกิดสีเข้มมากเกินไป ผลการวิจัยสอดคล้องกับ Soleimani Pour-Damanabet *et al.* [12] ที่อธิบายว่าความชื้นเริ่มต้นในแป้งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะของเปลือกขนมปังที่เกิดขึ้นหลังการอบ กล่าวคือ ยิ่งความชื้นของแป้งสูง เปลือกที่เกิดขึ้นจะมีความหนามากขึ้น และสีของผิวผลิตภัณฑ์จะเข้มขึ้นตามลำดับ

สาเหตุที่ 2 การทดสอบปัจจัยระยะเวลาในการบ่มผสมในชั้นตอนแป้งโด: การทดลองครั้งนี้ออกแบบโดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการบ่มผสมในชั้นตอนแป้งโดต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 7 ระดับ ได้แก่ ระยะเวลาในการบ่มผสมจากสูตรมาตรฐาน (ตัวอย่างควบคุม) ระยะเวลาในการบ่มผสมที่เพิ่มขึ้น (ร้อยละ 8 16 และ 24) และระยะเวลาในการบ่มผสมที่ลดลง (ร้อยละ 8 16 และ 24) โดยตัวอย่างจากแต่ละระดับถูกนำไปผลิตขนมปังภายใต้สภาวะการผลิตเดียวกัน แล้วประเมินลักษณะสีผิวขนมปังหลังการอบด้วยสายตาจากผู้เชี่ยวชาญฝ่ายควบคุมคุณภาพจำนวน 3 ท่าน ผลการ

ทดลองแสดงดังตารางที่ 3 และถูกนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติภายใต้สมมติฐานดังนี้

สมมติฐานของระยะเวลาในการบ่มผสมโด

H₀: ระยะเวลาบ่มผสมโดไม่ส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H₁: ระยะเวลาบ่มผสมส่งผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 3 สัดส่วนของเสียขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่างจากการศึกษาปัจจัยระยะเวลาในการบ่มผสม

สภาวะการทดลอง	ลักษณะหน้าต่างที่เกิดขึ้น (%)
ระยะเวลาในการบ่มผสมจากสูตรมาตรฐาน (ตัวอย่างควบคุม)	21.01
ระยะเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 8	7.49
ระยะเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 16	0.17
ระยะเวลาเพิ่มขึ้นร้อยละ 24	0.02
ระยะเวลาลดลงร้อยละ 8	35.19
ระยะเวลาลดลงร้อยละ 16	68.37
ระยะเวลาลดลงร้อยละ 24	72.33

จากตารางที่ 3 พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการบ่มผสมโดส่งผลต่อการลดลงของลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะการเพิ่มระยะเวลาการบ่มขึ้นร้อยละ 24 มีอัตราของเสียต่ำที่สุด (ร้อยละ 0.02) อย่างไรก็ตามการใช้ระยะเวลาบ่มผสมโดที่นานเกินไปส่งผลให้ผลผลิต



ต่อวันลดลง ถือเป็นต้นทุนในเชิงปฏิบัติ ดังนั้น เมื่อพิจารณาทั้งด้านคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตพบว่า การเพิ่มระยะเวลาในการบั่นผสมร้อยละ 16 เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถลดของเสียจากหน้าต่างลงเหลือร้อยละ 0.17 โดยไม่กระทบต้นทุนการผลิตมากนัก และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าค่า P-Value เท่ากับ 0.037 ($p \leq 0.05$) จึงปฏิเสธ H_0 ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาในการบั่นผสมแบ่งโดส่งผลให้เกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ลดลง

การใช้เวลาในการบั่นผสมโดที่นานขึ้น ช่วยให้ส่วนผสมเข้ากันได้ดี โดยเฉพาะน้ำตาลที่เป็นตัวแปรสำคัญต่อการพัฒนาสีน้ำตาลในขนมปังอบ นอกจากนี้การสร้างแบ่งโดที่สมบูรณ์ต้องอาศัยกระบวนการหมักที่มีประสิทธิภาพ โดยยีสต์จะย่อยสลายน้ำตาลเพื่อผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีบทบาทต่อการขึ้นฟูของขนมปัง จากงานวิจัย Verheyen *et al.* [13] พบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้แปรผันตรงกับระยะเวลาในการหมักหรืออบแบ่ง อย่างไรก็ตามอัตราการผลิตแก๊สจะลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไป 120 นาที [14] เนื่องจากยีสต์เกิดภาวะเครียดออสโมติก (Osmotic Stress) หรือภาวะช็อกจากออสโมซิส ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำตาลสะสมมากเกินไปภายในเซลล์ ดังนั้นหากระยะเวลาในการบั่นผสมไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้กระบวนการหมักยีสต์ไม่สมบูรณ์ ขนมปังขึ้นฟูไม่สม่ำเสมอ และเกิดการตกค้างของน้ำตาลที่ผิวแบ่ง เมื่อเข้าสู่กระบวนการอบ น้ำตาลที่ตกค้างจะเกิดการสลายตัวจากความร้อนผ่านปฏิกิริยาการaramel ส่งผลให้สีผิวของขนมปังไม่สม่ำเสมอและเกิดลักษณะหน้าต่าง

จากการศึกษากระบวนการผลิตข้างต้นพบว่า ปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์และระยะเวลาในการบั่นผสมแบ่งโดเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้องเป็นกลไกหลัก ซึ่งมีบทบาทหลักในการสร้างสีที่พึงประสงค์ แต่พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความไม่สม่ำเสมอโดยปรากฏบริเวณสีเข้มและสีอ่อนกระจายไม่เท่ากัน ส่งผลให้ผิวผลิตภัณฑ์มีลักษณะหน้าต่าง ซึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์คุณภาพที่กำหนด เพื่อเป็นการกำหนดแนวทางการปรับปรุงที่มีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำเย็นและระยะเวลาในการบั่นผสมแบ่งโด ที่มีผลต่อการเกิดลักษณะหน้าต่างในขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ โดยวิธี Pearson Correlation ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สมมติฐานความสัมพันธ์ของทั้ง 2 ปัจจัย

H_0 : ปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์กับระยะเวลาในการบั่นผสมโดไม่มีสัมพันธ์กัน ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_1 : ปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์กับระยะเวลาในการบั่นผสมโดมีสัมพันธ์กัน ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากรูปที่ 4 พบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีความสัมพันธ์เชิงบวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) เท่ากับ 0.8137 ซึ่งหมายความว่า ร้อยละ 81.37 ของความแปรปรวนในปริมาณน้ำเย็นสามารถอธิบายได้ด้วยระยะเวลาในการบั่นผสม และเมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Correlation Coefficient: r) พบว่าเท่ากับ 0.9021 แสดงถึง 2 ปัจจัยมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมาก และผลการทดสอบสมมติฐานมีนัยสำคัญทางสถิติที่

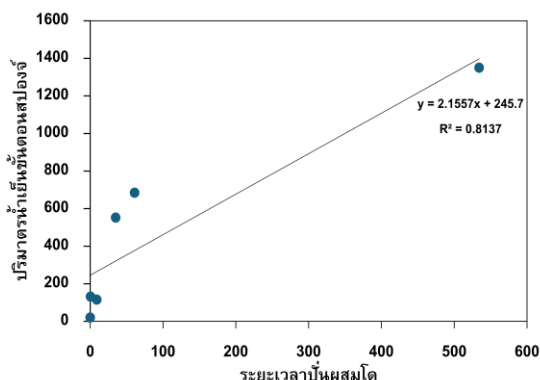


ระดับ $p \leq 0.05$ จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ได้อย่างมีนัยสำคัญ

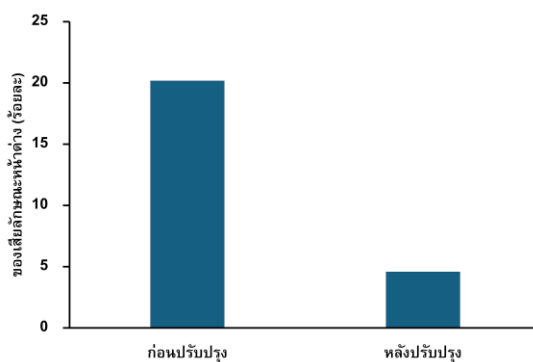
ดังนั้น การปรับปรุงกระบวนการผลิตจำเป็นต้องพิจารณาทั้ง 2 ปัจจัยควบคู่กัน กล่าวคือ ในกรณีที่เพิ่มปริมาณน้ำเย็น ควรปรับระยะเวลาในการปั่นให้เหมาะสม เพื่อป้องกันไม่ให้แป้งมีความชื้นสูงเกินไปจนแฉะ ขณะเดียวกันหากลดปริมาณน้ำ จำเป็นต้องเพิ่มระยะเวลาในการปั่นผสม เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันมากที่สุด มีผลทำให้เกิดโครงสร้างแป้งที่เหมาะสมต่อการพัฒนาเนื้อสัมผัสและสีผิวที่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์

3.2.5 ผลการปรับปรุง

การปรับปรุงกระบวนการผลิตในครั้งนี้ดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่สามารถควบคุมได้และมีความสัมพันธ์กัน โดยเน้นการปรับระดับปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสpongจี้ร่วมกับการปรับเวลาในการปั่นผสมแป้งโด เพื่อควบคุมความชื้นเริ่มต้นของแป้งและลดโอกาสการสะสมของความชื้นบริเวณผิว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ก่อให้เกิดลักษณะหน้าต่างของผลิตภัณฑ์ จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการใช้ปริมาณน้ำเย็นลดลงร้อยละ 10 ร่วมกับการเพิ่มระยะเวลาในการปั่นผสมโดร้อยละ 16 ส่งผลให้ขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยก่อนการปรับปรุงพบของเสียจากลักษณะหน้าต่างคิดเป็นร้อยละ 20.17 และหลังการปรับปรุงลดลงเหลือเพียงร้อยละ 4.58 (อัตราของเสียของขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ที่มีลักษณะหน้าต่างลดลงร้อยละ 77.29)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณของเสียระหว่างปัจจัย ปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสpongจี้และระยะเวลา ในการปั่นผสมแป้งโด



รูปที่ 5 สัดส่วนของเสียที่เกิดจากลักษณะหน้าต่างก่อน และหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การปรับปรุงที่ได้ในครั้งนี้มีความยั่งยืนและไม่กลับไปสู่สภาวะเดิม จึงทำการกำหนดแนวทางควบคุมกระบวนการอย่างเป็นระบบ ได้แก่ การกำหนดค่าควบคุมมาตรฐานสำหรับปริมาณน้ำเย็นและเวลาการปั่นผสมแป้งโด รวมถึงจัดทำเป็นคู่มือและอบรมให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตที่ปรับปรุงใหม่ ตลอดจนการติดตามและ



บันทึกผลการผลิตอย่างสม่ำเสมอผ่านการตรวจสอบเชิงสถิติ นอกจากนี้เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ สภาพแวดล้อมการผลิต หรือการเปลี่ยนแปลงของสูตรวัตถุดิบ จำเป็นต้องมีการทบทวนและปรับปรุงแผนการควบคุมอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในองค์กร เพื่อเสริมสร้างความเสถียรของกระบวนการผลิตและรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ในระยะยาว

4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC เพื่อปรับปรุงคุณภาพขนมปังแฮมเบอร์เกอร์ โดยมุ่งเน้นลดปัญหาหน้าต่างซึ่งเป็นข้อบกพร่องด้านลักษณะผิวที่พบบ่อยที่สุด ผลการวิเคราะห์ชี้ว่าปริมาณน้ำเย็นในขั้นตอนสปองจ์และระยะเวลาในการบั่นผสมแป้งโดเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถควบคุมได้ในระดับกระบวนการ เมื่อดำเนินการปรับระดับทั้งสองปัจจัยอย่างเหมาะสม พบว่าอัตราของเสียจากหน้าต่างลดลงถึงร้อยละ 77.29 เมื่อเทียบกับสภาวะการผลิตเดิม นอกจากนี้ได้มีการเสนอแนวทางควบคุมกระบวนการผลิต เช่น การกำหนดค่ามาตรฐานของปริมาณน้ำและเวลาการผสม พร้อมจัดทำเป็นคู่มือและอบรมให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจ รวมถึงการติดตามผลอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาเสถียรภาพของคุณภาพในระยะยาว

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า DMAIC เป็นเครื่องมือที่สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทการผลิตอาหาร โดยเฉพาะในกรณีที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร อย่างไรก็ตามงานวิจัยยังมีข้อจำกัดในด้านการควบคุมตัวแปรภายใต้บริบทของโรงงานเพียงแห่งเดียว ในอนาคตควรขยายขอบเขต

การศึกษาไปยังปัจจัยที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เช่น สภาพอากาศในเตาอบ การออกแบบแม่พิมพ์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ รวมถึงควรบูรณาการการวิเคราะห์เสียงของลูกค้า (Voice of Customer: VOC) และประเมินผลตอบแทนการลงทุน (Return on Investment: ROI) เพื่อยืนยันความคุ้มค่าและความยั่งยืนของการปรับปรุงในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทเพอร์ซิเดนท์ เบเกอรี่ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการปฏิบัติงาน รวมถึงอุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ ในการเก็บข้อมูล ตลอดจนขอขอบคุณพนักงานของบริษัททุกท่านที่ให้ความร่วมมือและช่วยเหลือตลอดการดำเนินงานวิจัย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Pico, J. Bernal, and M. Gómez, Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review, *Food Research International*, 2015, 75, 200-215.
- [2] M. Onishi, M. Inoue, T. Araki, H. Iwabuchi, and Y. Sagara, Characteristic coloring curve for white bread during baking, *Bioscience Biotechnology Biochemistry*, 2011, 75(2), 255-260.
- [3] L. Tebben, Y. Shen and Y. Li, Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality, *Trends in Food Science and Technology*, 2018, 81(2), 10-24.

- [4] W. Chen, X. Wu, Z. Liu, Y. Lui, Q. Lui, M.R. Pointer, J. Liang and T.Q. Khanh, The impact of illuminance level, correlated colour temperature and viewing background on the purchase intention for bread and cakes, *Food Quality and Preference*, 2022, 98(3), 104537.
- [5] I.T.B. Widiwati, S. D. Liman and F. Nurprihatin, The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry, *Journal of Engineering Research*, 2025, 13(2), 611-626.
- [6] 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, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, 924(1), 012056.
- [7] L. M. Monday, Define, measure, analyze, improve, control (dmaic) methodology as a roadmap in quality improvement, *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 2022, 5(2), 44-46.
- [8] E. Purlis, Browning development in bakery products – A review, *Journal of Food Engineering*, 2010, 99(3), 239-249.
- [9] C. Wong, H. Wijayanti and B. Bhandari, *Water stress in biological, chemical, pharmaceutical and food systems: Maillard reaction in limited moisture and low water activity environment*, Springer Nature, NY, USA, 2015.
- [10] J. Lukinac, D.K. Komlenić, M.L. Čolić, G. Nakov and M. Jukić, Modelling the browning of bakery products during baking: a review, *Ukrainian Food Journal*, , 2022, 11(2), 217-234.
- [11] Y. Dong and S. Karboune, A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2021, 20(2), 1937-1981.
- [12] A. Soleimani Pour-Damanab, A. Jafary and S. Rafiee, Kinetics of the crust thickness development of bread during baking, *Journal of Food Science and Technology*, 2014, 51(11), 3439-3445.
- [13] C. Verheyen, A. Albrecht, D. Elgeti, M. Jekle and T. Becker, Impact of gas formation kinetics on dough development and bread quality, *Food Research International*, 2015, 76(3), 860-866.
- [14] N. Struyf, J. Laurent, B. Lefeverre, J. Verspreet, K. Verstrepen and C. Courtin, Establishing the relative importance of damaged starch and fructan as sources of fermentable sugars in wheat flour and whole meal bread dough fermentations, *Food Chemistry*, 2017, 218, 89-98.