การลดของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

โดย

นางสาวชนม์นิภา หิรัญการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การลดของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

โดย

นางสาวชนม์นิภา หิรัญการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

WASTE REDUCTION IN FRIED FISH TOFU PRODUCTION IN THE SAMPLE FACTORY

By

MISS Chonnipa HIRUNYAKARN

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)
Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT
Graduate School, Silpakorn University
Academic Year 2019
Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ การลดของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

โดย ชนม์นิภา หิรัญการ

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)

.... ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระพี กาญจนะ)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

61405322 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 2 ปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : การออกแบบการทดลอง, ลดของเสีย

นางสาว ชนม์นิภา หิรัญการ: การลดของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร. ประจวบ กล่อมจิตร

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดของบริษัทผู้ผลิตสินค้าประมงแปรรูป โดยปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความเหมาะสมเพื่อลดการเกิดของเสีย โดยของเสียที่พบมากคือของเสียประเภทผิวชิ้นงานถลอก พบอยู่ที่ 15,382 DPPM (Defect part per million) จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการจัดทำผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จากนั้นคัดเลือกสาเหตุของปัญหาโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis) พบ 3 ปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดของเสียประเภทผิวชิ้นงานถลอก คือ อุณหภูมิน้ำมันทอด (Temperature) ระยะเวลาในการทอด (Time) และความชื้นผิวชิ้นงานก่อนการทอด (Moisture Content) โดยปัจจัยความชื้นผิวชิ้นงานก่อนทอดศึกษาจากระยะเวลาในการพักตากก่อนทอด จากนั้นทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) แบบ Full Factorial 2^k ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 3 ปัจจัยส่งผลต่อของเสียประเภทผิวชิ้นงานถลอกแบบอิทธิพลหลัก (Main Effect) และแบบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction) จากนั้นทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเพื่อให้เกิดของเสียประเภทผิวชิ้นงานถลอกน้อยที่สุด และมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงาน (Core Temperature) อยู่ที่ 65-70 °C โดยใช้ฟังก์ชัน Response Optimization ทำให้ได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิน้ำมันทอด 168 °C ระยะเวลาในการทอด 10 นาที และระยะเวลาพักตากก่อนทอด 15 นาที เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้วจึงนำค่าดังกล่าวไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง พบว่าปริมาณของเสียทั้งหมดลดลงจาก 14,605 DPPM เหลือ 3,318 DPPM

61405322 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)
Keyword : factorial design

MISS CHONNIPA HIRUNYAKARN : WASTE REDUCTION IN FRIED FISH TOFU PRODUCTION IN THE SAMPLE FACTORY THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR PRACHUAB KLOMJIT

The objective of this research was to reduce the defect of fried fish tofu by improving the process a case study of the sample factory. The most defect detected in the process was scratched surface about 15,382 DPPM (Defect part per million). A Cause and Effect Diagram was applied to analyze causes of the defect. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) was applied to fine the root causes after analyze causes by a Cause and Effect Diagram. The first three important factor from FMEA was the temperature of oil (Frying Temperature), Frying time and Moisture content of fish tofu before frying (Cool down time). The cool down time before frying was used instead of moisture content in this study because it effected directly with the moisture content. Those factors were determined with a design of experiment (DOE) with 2^k Factorial Design to fine the significant factor. The result from the experiment revealed that the three parameters (Frying Temperature, Frying Time and Cool down time) affect not only main effect, but also interaction. After that, a regression model was used to fine the optimal level of the three parameters to yield the lowest amount of defect and 65-70 °C for core temperature of fried fish tofu. Then the optimal level of the three parameters was 15 minute for cool down time, 168 °C for Frying temperature and 10 minute for Frying time. Finally, the optimal level of the three parameters was used in actual processing. The total defect from improved fried fish tofu processing reduced from 14,605 DPPM to 3,318 DPPM.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร ที่ได้มีเมตตา ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนาในการดำเนินการทำงานวิจัย คอยให้คำแนะนา ชี้แนะในการตรวจทานแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ อย่างละเอียด และยังช่วยให้คำชี้แนะเกี่ยวกับการนำเสนอผลงาน นอกจากนั้นยังคอยให้กำลังใจ และเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานวิจัยนี้ได้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบพระคุณ คุณสวรรค์ ฮะวังจู รองผู้จัดการโรงงานตัวอย่าง ที่ได้อนุเคราะห์ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยทางด้านข้อมูลและส่วนงานต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ รวมถึงทุกคนที่เป็นกำลังใจและคอยให้การช่วยเหลือ สนับสนุนข้าพเจ้าในทุก ๆ ด้าน จนสามารถทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ชนม์นิภา หิรัญการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ญ

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2

1.5 วิธีการดำเนินงาน 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ 3

2.2 เต้าหู้ปลาทอด 5

2.3 การออกแบบการทดลอง 7

2.4 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) 9

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 14

3.1 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 18

มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.2 การคัดเลือกสาเหตุของปัญหาโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) 19

3.3 การออกแบบการทดลอง 21

รายการอ้างอิง 35

ประวัติผู้เขียน 37

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2561 15

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด 20

ตารางที่ 3 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 22

ตารางที่ 4 แผนการทดลอง 22

ตารางที่ 5 ผลการทดลอง 24

ตารางที่ 6 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 31

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเนื้อปลาบด ซูริมิสด และซูริมิแช่เยือกแข็ง 4

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดของโรงงานตัวอย่าง 5

ภาพที่ 3 ตัวอย่างการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง 7

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด 14

ภาพที่ 5 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2561 16

ภาพที่ 6 ของเสียประเภทไม่ได้รูปทรง 16

ภาพที่ 7 ของเสียประเภทผิวถลอก 17

ภาพที่ 8 ของเสียประเภทแตกหัก 17

ภาพที่ 9 ของเสียประเภทไม่เกิดสีน้ำตาล 17

ภาพที่ 10 ของเสียประเภทไหม้ 18

ภาพที่ 11 ผังแสดงเหตุและผลสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียประเภทผิวถลอก ... 19

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สินค้าเต้าหู้ปลาทอดเป็นสินค้าหลักของโรงงานกรณีศึกษา ทั้งยังเป็นสินค้าที่สร้างกำไรให้โรงงานมากที่สุด แต่ในกระบวนการผลิตยังพบมีการสูญเสียผลิตภัณฑ์ไปในระหว่างกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่างๆอยู่ในปริมาณทีค่อนข้างมาก จึงได้มีการทำการวิจัยเพื่อจะลดปริมาณของเสียลง

เต้าหู้ปลาทอดตามนิยามของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อปลาบดมาผสมให้เข้ากันกับส่วนประกอบต่างๆ เช่น น้ำนมถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงแต่งรสและเครื่องเทศ เช่น เกลือ น้ำตาล พริกไทย อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น แครอท สาหร่าย นวดให้เหนียวและทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ นำไปให้ความร้อนโดยการนึ่งหรือต้มจนสุก ทำให้เย็น แล้วอาจนำไปทอดพอเหลือง เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากซูริมิ (Surimi) ซึ่งมีลักษะอ่อนตัวสามารถเกิดลักษณะข้อบกพร่องต่างๆได้ตลอดสายการผลิตที่ต้องานเครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือสารที่ช่วยในการผลิตต่างๆได้ จึงต้องมีการศึกษาถึงปัจจัยทีแท้จริงทีทำให้เกิดข้อบกพรองของลิตภัณฑ์ เพื่อแก้ไข และสามารถลดปริมาณของเสียได้ในที่สุด

อุตสาหกรรมผลิตซูริมิในประเทศไทยเริ่มมาประมาณ 20 กว่าปีแล้ว กำลังการผลิต ซูริมิประมาณ 100,000 ตันต่อปี และยังคงสามารถขยายกำลังการผลิตได้ เนื่องจากยังคงมีความต้องการทั้งตลาดในประเทศและตลาดต่างประเทศ เนื่องจากซูริมิที่ผลิตได้ในไทยนั้นได้มาตรฐานและคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับจากต่างประเทศ โดยจัดเป็นผลิตภัณฑ์เกรดสูง ตลาดหลักส่งออกซูริมิของไทยคือ ญี่ปุ่นซึ่งทางญี่ปุ่นกำหนดชนิดของปลาที่นำมาทำการผลิต คือ ปลาทรายแดง ปลาจวด ปลาปากคม และปลาตาหวาน ซูริมิที่ผลิตในประเทศไทยส่งออกเกือบทั้งหมด ส่วนตลาดในประเทศของ ซูริมิส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเนื้อปูเทียม คาดว่าความต้องการบริโภคซูริมิในประเทศประมาณ 50 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าตลาดซูริมิประมาณ 10 ล้านบาทต่อปี อย่างไรก็ตามเนื้อปลาบดที่ผลิตได้ในประเทศส่วนใหญ่นำไปผลิตผลิตภัณฑ์ปลาอื่นๆ โดยเฉพาะลูกชิ้น ซึ่งปัจจุบันมีโรงงานผลิตลูกชิ้นปลาทั่วประเทศ 69 โรงงาน กำลังการผลิตประมาณ 4,000 ตันต่อปี ซูริมิและผลิตภัณฑ์นับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ประมงที่น่าสนใจ เนื่องจากความต้องการของตลาดทั้งในประเทศและตลาดส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากความนิยมบริโภคเนื้อปลาและผลิตภัณฑ์ในฐานะที่เป็นอาหารเพื่อสุขภาพ แม้ว่าในปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตซูริมิจะต้องเผชิญกับปัญหาทางการผลิตและการตลาดหลากหลาย

ประการ ซึ่งปัญหาสำคัญคือ ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ ในขณะที่ความต้องการของตลาดกำลังมีแนวโน้มขยายตัว และปัญหาการแข่งขันที่มีแนวโน้มรุนแรงขึ้นจากประเทศผู้ผลิตรายใหม่

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.) เพื่อลดของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

2.) เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยเพื่อหาวิธีการ หรือค่าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานกรณีศึกษา โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประจำวันสำหรับสายการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่ มกราคม – ธันวาคม พ.ศ.2562

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.) ลดปริมาณของเสียในการผลิตเต้าหู้ปลาทอด

2.) เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในโรงงานตัวอย่าง

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1.) ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

2.) เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.) วิเคราะห์ข้อมูลและหาสาเหตุของปัญหา

4.) ดำเนินการปรับปรุง

5.) เปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุง

6.) สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

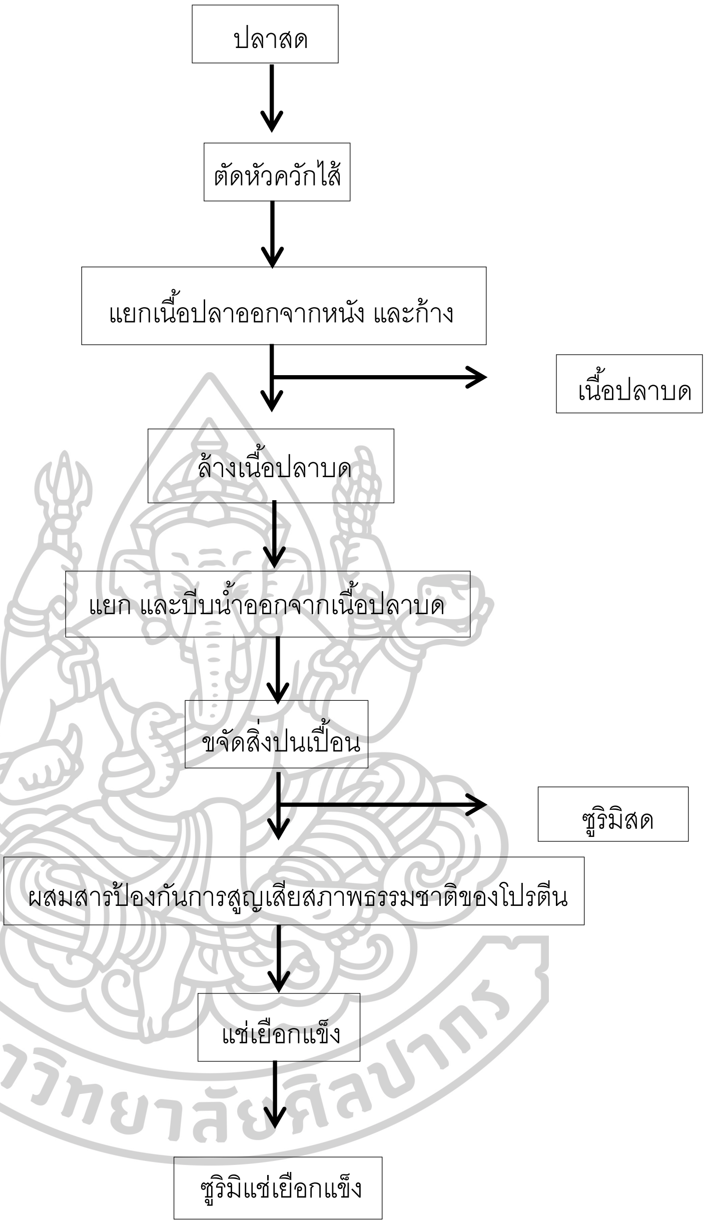
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซูริมิและผลิตภัณฑ์จากซูริมิ

ผลิตภัณฑ์จากซูริมิคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำซูริมิแช่เยือกแข็งที่ผ่านการละลายอย่างไม่สมบูรณ์หรือซูริมิสับผสมกับเกลือในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อละลายโปรตีนไมโอไฟบริล-ล่าร์ พร้อม ๆ กับการเติมส่วนผสมอื่น ๆ ที่ต้องการ เช่น แป้ง ไข่ขาว ผงชูรส และสารให้กลิ่นรส แล้วขึ้นรูปด้วยการใช้ความดัน การทำให้เกิดลักษณะเส้นใย หรือขึ้นรูปด้วยการใช้เบ้าประกอบ โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการพร้อมๆกับการให้ความร้อนเพื่อสร้างความคงตัวของรูปร่าง สร้างเนื้อสัมผัส และลดปริมาณจุลินทรีย์ (จักรี ทองเรือง, 2544)

ซูริมิคือผลิตภัณฑ์เนื้อปลาบดที่เตรียมได้จากการล้างเนื้อปลาบดด้วยน้ำเพื่อขจัดไขมันและองค์ประกอบที่ละลายน้ำได้ซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่ โปรตีนที่ละลายได้ในน้ำ และการบีบน้ำส่วนเกินออกจากเนื้อปลาบด โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญคือ มีสีขาว ไม่มีกลิ่นคาวปลา และมีความสามารถเกิดเจลที่ดี โดยใส่ สารให้ความคงตัว (cryprotectants) สำหรับการเก็บรักษาแบบแช่แข็ง (Benjakul และคณะ, 2003) และเมื่อกล่าวถึงซูริมิที่ไม่ได้เติมสารป้องกันการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน และไม่เก็บรักษาด้วยการแช่เยือกแข็งก็จะระบุอย่างชัดเจนหรืออาจจะเรียกว่าซูริมิสด (Fresh Surimi or Raw Surimi) ความแตกต่างของเนื้อปลาบด ซูริมิสด และซูริมิแช่เยือกแข็งดังแสดงภาพที่ 1

มหาวิทยาลัยศิลปากร



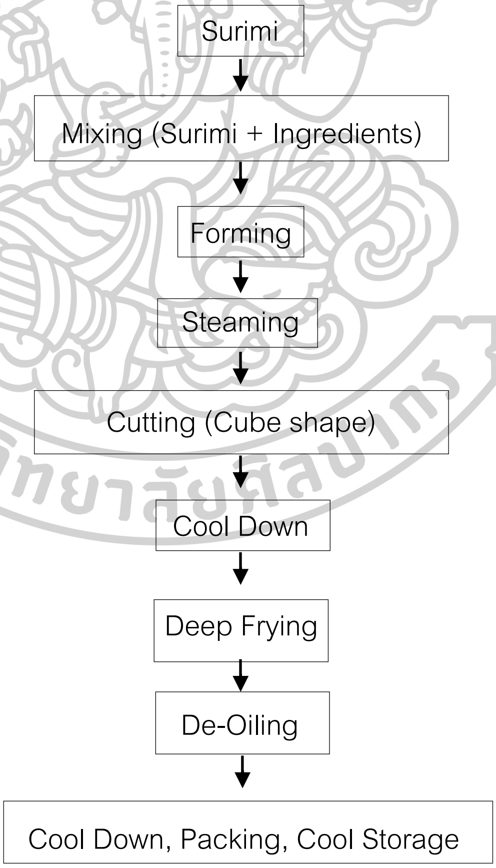
ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตเนื้อปลาบด ซูริมิสด และซูริมิแช่เยือกแข็ง

ซูริมิเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ และมีคลอเลสเตอรอลต่ำ ในการผลิตซูริมิองค์ประกอบที่ไม่ต้องการจะถูกกำจัดออกจากเนื้อปลา เหลือเพียงโปรตีนไมโอไฟบริลล่าร์ และน้ำ ในขั้นสุดท้ายของการผลิตมีการเติมสารป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีน เช่น ซูโครส ซอร์บิทอล และพอลิ-ฟอสเฟต องค์ประกอบของซูริมิพอสรุปได้ดังนี้คือ น้ำร้อยละ 76 โปรตีนร้อยละ 16 ซูโครสร้อยละ 4.0 ซอร์บิทอลร้อยละ 3.5 พอลิฟอสเฟตร้อยละ 0.3 ไขมันร้อยละ0.2 และแคลเซียมร้อยละ 0.0038

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการ และองค์ประกอบของซูริมิกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น พบว่า ซูริมิมีปริมาณกรดอะมิโน และค่า chemical score ของกรดอะมิโนจำเป็นสูงกว่า โดยให้ค่าใกล้เคียงกับเนื้อไก่ แต่จะมีปริมาณน้ำมากกว่าเนื้อหมูเล็กน้อย ซูริมิสามารถย่อยได้ง่าย และร่างกายสามารถดูดซึมดีกว่าเนื้อสัตว์ปีก ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อของซูริมิสั้นกว่า (สุทธวัฒน์, 2536)

2.2 เต้าหู้ปลาทอด

เต้าหู้ปลา (Fried Fish Tofu) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อปลาบดมาผสมให้เข้ากันกับส่วนประกอบต่างๆ เช่น น้ำนมถั่วเหลือง แป้งถั่วเหลือง แป้งมันสำปะหลัง ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงแต่งรสและเครื่องเทศ เช่น เกลือ น้ำตาล พริกไทย อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น แครอท สาหร่าย นวดให้เหนียวและทำให้เป็นรูปร่างตามต้องการ นำไปให้ความร้อนโดยการนึ่งหรือต้มจนสุก ทำให้เย็น แล้วอาจนำไปทอดพอเหลือง โดยขั้นตอนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดของโรงงานตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้มีการออกมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับเต้าหู้ปลาทอดไว้โดยกำหนดให้มีคุณลักษณะที่ต้องการดังนี้

1). ลักษณะทั่วไปต้องคงรูป และมีส่วนประกอบกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ อาจมีฟองอากาศขนาดเล็กได้บ้าง

2). มีสีที่ดีตามธรรมชาติของเต้าหู้ปลา ไม่มีชิ้นไหม้

3). มีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของเต้าหู้ปลา ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน รสขม

4). เนื้อสัมผัสของลิตภัณฑ์ต้องละเอียด เนื้อเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน

5). ไม่พบสิ่งแปลกปลอมอื่นใดที่นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ เช่น เศษไม้ เศษผง เส้นผม ชิ้นส่วนพลาสติก สิ่งปฏิกูลจากสัตว์ เป็นต้น

6). คุณค่าทางโภชนาการทางด้านโปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

7). คุณค่าทางโภชนาการทางด้านไขมันไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

8). ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value) (เฉพาะกรณีที่ทอด) ต้องไม่เกิน 30 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อกิโลกรัม

9). ต้องไม่พบวัตถุเจือปนอาหารดังนี้

9.1) ห้ามใช้โซเดียมบอเรต (บอแรกซ์)

9.2) ห้ามใช้สีสังเคราะห์และวัตถุกันเสียทุกชนิด

9.3) หากมีการใช้ฟอสเฟตในรูปของมอโน- ได- และพอลิของเกลือโซเดียมหรือเกลือโพแทสเซียม อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน (คำนวณเป็นฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป P2O5) ต้องไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

10) จุลินทรีย์

10.1) จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1 × 106 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

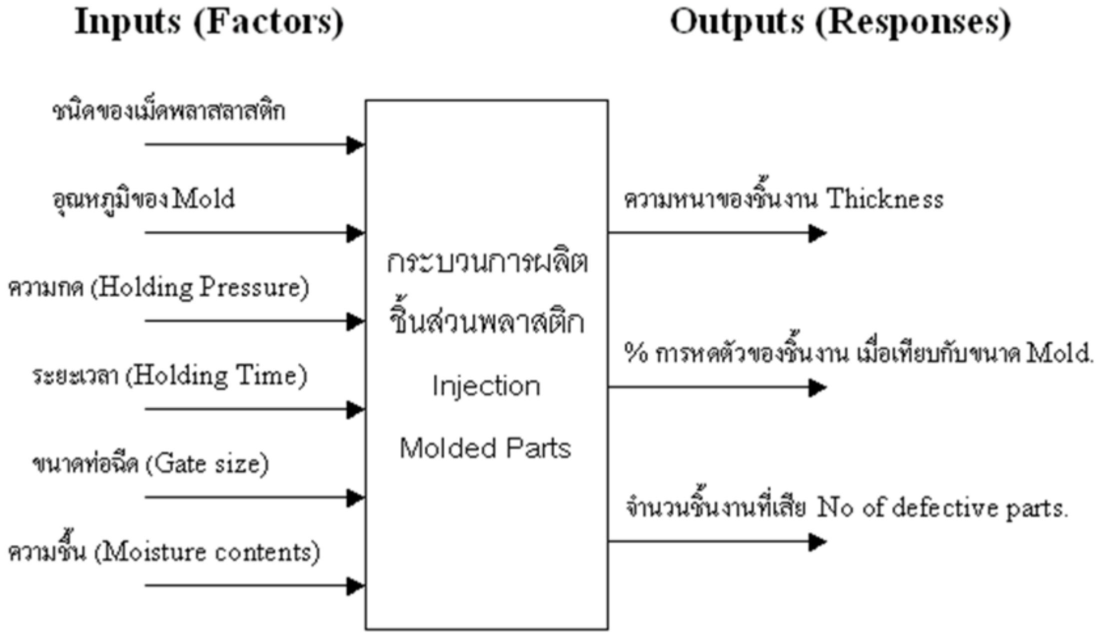
10.2) เอสเชอริเชีย โคไล (Escherichia coli) โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม

10.3) ยีสต์และราต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

2.3 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) เป็นระเบียบวิธีในทางวิทยาศาสตร์ มุ่งเน้นการวางแผน การดำเนินงาน การศึกษาและการตีความ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาปัจจัยต่างๆที่สร้างผลกระทบต่อความผันแปร โดยมีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระ หรือปัจจัย (factors) ของกระบวนการ หลังจากนั้นจะทำการติดตามผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง (Response) ของกระบวนการ (ปารเมศ ชุติมา, 2544)

การทำงานร่วมกัน การผสานกันของเครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) คน (People) วิธีการทำงาน (Methods) สภาพแวดล้อมการทำงาน (Environment) และกระบวนการวัดค่า (Measurement) นั้นรวมเรียกได้ว่ากระบวนการ (Process) โดยกระบวนการนั้นจะทำให้เกิดเป็นผลผลิต ดังแสดงตามภาพที่ 3 ที่แสดงถึงตัวอย่างกระบวนการผลิตสินค้าในกระบวนการอุตสาหกรรม โดยในภาพจะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กันของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง



ภาพที่ 3 ตัวอย่างการแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัย กระบวนการ และตัวแปรตอบสนอง

ในหนึ่งกระบวนการอาจจะมีหลายปัจจัยที่ประกอบอยู่ด้วย โดยอาจจะมีบางปัจจัยที่ส่งผลต่อกระบวนการแต่หากปัจจัยนั้นไม่สามารถควบคุมได้ จึงอาจจะต้องละเลยต่อปัจจัยนั้นไปให้เป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ในการออกแบบการทดลองจะเรียกว่า Noise แต่สำหรับตัวแปรบางตัวที่ส่งผลต่อกระบวนการมากกว่าตัวแปร Noise แต่ไม่สามารถละเลยไปได้ จึงต้องมีการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ให้มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงที่มีผลเสียต่อกระบวนการน้อยที่สุด ตัวแปรเหล่านี้จะถูกเรียกว่าซึ่งบางปัจจัยไม่สามารถควบคุมได้ แม้จะเป็นเหตุที่ทำให้เกิดผลกระกระทบต่อกระบวนการก็ตาม จึงจำเป็นที่จะต้องละเลย หรือปล่อยให้ตัวแปรเหล่านี้เป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งในการออกแบบการทดลองจะเรียกตัวแปรเหล่านี้ว่า KPIV (Key Process Input Variable) สำหรับการประเมินประสิทธิภาพหรือความเป็นไปของกระบวนการสามารถทำได้ด้วยการวัดด้วย ในกระบวนการหนึ่งๆอาจมีตัวชี้วัดเพียงหนึ่งตัว หรือมากกว่า 1 ตัวชี้วัด การวัดอาจทำได้ด้วยการใช้เครื่องมือวัดซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่เป็นค่าในลักษณะต่อเนื่อง ที่เรียกว่าตัวแปรเชิงปริมาณ ส่วนการวัดด้วยการนับ หรือการใช้การสังเกตนั้น ค่าที่ได้จะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง หรือเรียกว่าตัวแปรเชิงคุณภาพ ในกรณีที่ตัวแปร Output ของกระบวนการมีหลายตัว ควรเลือกเฉพาะตัวแปรที่พิจารณาแล้วว่าสามารถสื่อถึงประสิทธิภาพของกระบวนการได้ดีที่สุด จึงเรียกตัวแปรนี้ว่า Key Process Output Variable หรือ KPOV

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 3 พบว่าตัวแปรเข้า Input factors นั้นเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการมาก ส่วนตัวแปรที่บ่งบอกได้ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการได้ดีที่สุดเหมาะสมต่อการเป็นตัวชี้วัดของกระบวนการคือ Output factors ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีตัวแปรเชิงปริมาณคือ ความหนา และการหดตัวของชิ้นงาน และเชิงคุณภาพคือ จำนวนชิ้นงานที่ไม่ผ่านเกณฑ์หรือมีตำหนิ เมื่อต้องทำการออกแบบการทดลองจะนิยมเลือกใช้ Response ไม่มากนัก โดยขั้นตอนโดยทั่วไปสำหรับการออกแบบมีดังนี้

1.) กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem statement) การกำหนดหัวข้อของปัญหาจะต้องอยู่บนหลักของชัดเจน เข้าใจได้ง่าย และเป็นรูปธรรม โดยทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 หลักคือ สิ่งใดที่เป็นเป็นปัญหาอยู่ในขณะนั้น (What) ลักษณะของปัญหาเป็นอย่างไร (How) และปัญหาที่พบนั้นเกิดขึ้นที่ไหนในช่วงเวลาใด (Where)

2.) การเลือกปัจจัย (Factor) และการกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) การเลือกปัจจัยต้องพิจารณาจากปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อกระบวนการจริง โดยอาจใช้เครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการพิจารณา หรือคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญในกระบวนนั้นๆ

3.) การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response) จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถเลือกได้ทั้งตัวแปรเชิงปริมาณที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัด และตัวแปรเชิงคุณภาพ เช่น การนับ แต่ทั้งนี้การพิจารณาเลือกตัวแปรตอบสนองจะต้องเลือกตัวแปรี่สามรถสื่อถึงความสามารถของกระบวนการนั้นได้เหมาะสม

4.) การเลือกแบบทดลอง (Experiment design) จะต้องมีการกำหนดรายละเอียดของการทดลอง เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง เป็นต้น

5.) การดำเนินการทดลอง (Perform the Experiment) เมื่อได้กำหนดแผนการทดลองไว้แล้วควรดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแผนการนั้นๆ

6.) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ควรพิจารณาถึงการตรวจสอบลักษณะ และคุณภาพของข้อมูลที่ได้ ไม่เพียงแต่การ Run computer program แล้วได้ผลออก โดยสามารถใช้ ANOVA มาช่วยในการวิเคราะห์ถึงความถูกต้องของ Model ที่ได้ โดยทั้งนี้ผู้วิเคราะห์จะต้องทราบและเข้าใจถึงเงื่อนไขของ ANOVA ด้วย

7.) การสรุปผลการทดลองและการให้คำแนะนำ สามารถอธิบายถึงความเป็นมาของการเกิดผลการทดลองเช่นนั้น มีข้อบกพร่องใดเกิดขึ้นบ้างในจุดใด มีสาระใดสำคัญที่ควรแนะนำให้ผู้อื่นควรรับรู้เพื่อนำไปปรับใช้ในอนาคตการทดลองมีดังนี้

2.4 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

ผังแสดงเหตุและผล หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) เป็นผังแสดงรายละเอียดของปัจจัยที่เป็นปัญหาของคุณภาพและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าว ผังแสดงเหตุและผลยังใช้ในการกำหนดปัญหาคุณภาพที่สามารถแก้ไขได้ โดยผังแสดงเหตุและผลถูกพัฒนามาจากการระดมสมอง ซึ่งจะช่วยในการระบุสาเหตุของปัญหาทั้งหมดที่เป็นไปได้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลดของเสียในการผลิตท่อช่วยหายใจโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตอุปกรณ์การแพทย์ (วิมลศรี สิทธิกูล, 2557) ได้นำเสนอการลดของเสียในกระบวนการผลิตท่อช่วยหายใจโดยพบวาของเสียทีมีปริมาณมากที่สุดในกระบวนการปิดผนึกคือประเภทที่เกิดรอยซีล (ส่วนเกิน) เป็นรอยยาว โดยพบอยู่ที่ 8,807 DPPM ผู้วิจัยได้นำเทคนิคด้านการออกแบบการทดลองมาปรับใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ โดยกำหนดเป้าหมายให้ลดของเสียประเภทรอย

ซีล (ส่วนเกิน) เป็นรอยยาวลดลง 50% จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล จากนั้นได้นำการวิเคราะห์ความเสียหายและผลกระทบ จึงทำให้พบว่ามี 5 ปัจจัยหลักคือ ความลึกของแม่แบบ (Die depth) อุณหภูมิที่ใช้เป่าลมร้อน (Temperature) เวลาที่ใช้เป่าลมร้อน (Time) แรงดันเป่าลมร้อน (Pressure) และขนาดของผลิตภัณฑ์ (Product size) จากนั้นจึงได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^k ในการหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปัญหา และได้ใช้สมการความสัมพันธ์ในการหาระดับของปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุด หลังจากนำระดับดังกล่าวมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริงแล้วพบว่าสามารถลดของเสียลงเหลือ 2,446 DPPM

การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว (บุญชัย แซ่สิ้ว, 2559) ได้นำเสนอการลดของเสียโดยศึกษาระดับปัจจัยในการปรับตั้งค่าเครื่องจักรให้เหมาะสม โดยใช้หลักการออกแบบการดลองเชิงแฟคทอเรียล 2^k ในการออกแบบการทดลองซึ่งการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลักได้แก่ ความเร็วรอบ อุณหภูมิ แรงกด และเวลาในการซีล โดยทำการทดลองซ้ำแบบละ 3 ครั้ง จำนวนผลการทดลองทั้งสิ้น 48 การทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลการทดลองเชิงสถิติ ผลที่ได้จากการทดลองพบว่าระดับปัจจัยในการปรับตั้งเครื่องจักรที่เหมาะสม คือ ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 157 องศาเซลเซียส แรงกด 6 bar และเวลาในการซีล 0.5 วินาที เมื่อนำผลจากการวิจัยมาใช้ในกระบวนการทำงานจริงพบว่า มูลค่าของเสียที่เกิดจากอาการซองรั่วลดลงจากเดิม 855,571.72 บาท เหลือ 596,482.21 บาท คิดเป็นอัตราลดลงร้อยละ 30.29

การลดการลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง (ปฐมพงษ์ หอมศรี & จักรพรรณ คงธนะ, 2556) ได้วิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยต่างๆโดยใช้หลักการทางสถิติมาช่วยทำการอธิบายถึงปัจจัยต่างๆที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยพิจารณาถึงสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยมุ่งที่จะทำการปรับปรุงกระบวนการ และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนผลิตพลาสติก ในขั้นตอนของการฉีดพลาสติกแบบ Injection Molding โดยในขั้นแรกได้ศึกษาสภาพของปัญหาพบว่าปัญหาคือมีของเสียประเภทขนาดชิ้นงานไม่ได้มาตรฐาน ทำให้ส่งผลกระทบต่อโรงงานในด้านค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นตามมา จากนั้นวิเคราะห์หาสาเหตุโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผลของงานที่มีปริมาณของเสียมากที่สุดแล้วเพื่อพิจารณาคัดเลือกปัจจัย จากนั้นได้เลือก 3 ปัจจัยที่มีความสำคัญมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากอยู่ในส่วนของวิธีการผลิตคือ แรงดันย้ำ (Holding pressure), อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature) และ รอบการทำงาน (Cycle Time)

จากนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Design เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยเหล่านั้น เมื่อได้ทำการทดลองและได้ผลการทดลองแล้วนั้นพบว่าปัจจัยทั้งสามมีผลกระทบต่อขนาดของชิ้นงานทั้งแบบ Main Effect และ Interaction จึงได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขของเสียประเภทขนาดไม่ได้มาตรฐานด้วยการปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ค่า พบว่าสามารถลดของเสียประเภทนี้ลงเหลือเพียงร้อยละ 2.78 จากเดิมร้อยละ 39.05 โดยปรับใช้ค่า Mold Temperature ที่ 45℃ Cycle Time ใช้ค่า 32วินาที และ Holding Pressure ใช้ค่า 10 MPa

การลดข้อบกพร่องของกระบวนการบรรจุกุ้งแปรรูปซูชิแช่แข็ง (จุฑามาศ รัตนกุล & มานพ เรี่ยวเดชะ, 2555) ได้ศึกษากระบวนการผลิตกุ้งแปรรูปซูชิแช่เย็นในส่วนของการบรรจุพบข้อบกพร่อง จึงทำการวิเคราะห์ถึงลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงลามิเนต โดยการใช้แผนภูมิพาเรโตในการวิเคราะห์ โดยพบว่าข้อบกพร่องที่สำคัญมี 6 ประเภทด้วยกันดังนี้ ถุงที่ระบุรายละเอียดผิด ถุงที่พบเศษกุ้งหลังถาด ถุงที่ระบุรายละเอียดไม่ครบ ถุงหลวม รอยซีลที่ถุงไม่เรียบ และรอยซีลที่ถุงไม่ตรงตามระยะ เมื่อทราบถึงข้อบกพร่องที่สำคัญแล้วจึงทำการระดมสมองจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวกการผลิตเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องเหล่านั้น จากนั้นได้คัดกรองปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อข้อบกพร่อง โดยใช้ตารางวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ทำให้ได้ 5 ปัจจัยคาดว่ามีอิทธิพลต่อข้อบกพร่อง จากนั้นใช้การใช้แผนภูมิแสดงเหตุและผลโดยการระดมสมองจากผู้มีประสบการณ์ในฝ่ายต่างๆ ร่วมกันวิเคราะห์ข้อบกพร่องทั้งหมด จึงทำให้ทราบสาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง จากนั้นจึงกรองปัจจัยที่คาดว่ามีอิทธิพลสำคัญต่อลักษณะข้อบกพร่องด้วยตารางวิเคราะห์เหตุและผล (Cause and Effect Matrix) เหลือ 5 ปัจจัย จากนั้นได้ทำการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2^5 เพื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย และได้นำระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมมากำหนดเป็นมาตรฐานในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ยังได้มีการจัดโปรแกรมฝึกอบรมงานระหว่างปฏิบัติหน้าที่ (On the Job Training) หลังจากนั้นได้ติดตามผลการปรับปรุงกระบวนการเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าข้อบกพร่องของถุงลามิเนตลดลงจากเดิม 3.19% เหลือ 0.01% ของการบรรจุกุ้งแปรรูปซูชิแช่แข็ง

การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางแท่ง (นิพนธ์ มณีโชติ & ผจงจิต พิจิตบรรจง, 2562) ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะลดของเสียในกระบวนการผลิตยางแท่งโดยในการค้นหาเหตุของปัญหา และวิธีในการแก้ปัญหานั้นได้ใช้กิจกรรมกลุ่มในการทำการวิจัย พบว่าปัญหาของกระบวนการผลิตคือยางก้อนแห้งไม่สมบูรณ์จากขั้นตอนการผลิตในส่วนของการอบด้วยความร้อน จากนั้นได้ใช้เทคนิคทำไมทำไม และแผนผังแสดงเหตุและผลในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดย

พบว่าสาเหตุหลักของปัญหาคือ ภาชนะที่ใช้บรรจุยางก้อน หรือเรียกว่าตะกงนั้นมีเศษยางมาเกาะติดที่ขอบ และรอยต่อในส่วนของขั้นตอนการอบด้วยความร้อน และอีกสาเหตุคือ ระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นช่องในตะกงไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของการกระจายความร้อนในระหว่างกระบวนการอบด้วยความร้อน จากนั้นได้ทำการดำเนินการแก้ไขโดยการทำความสะอาดและซ่อมแซมตะกงให้มีระยะห่างระหว่างแผ่นที่สม่ำเสมอมากขึ้น หลังการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการพบว่าสามารถลดปริมาณยางแห้งที่ไม่สมบูรณ์ลดลงได้ถึงร้อยละ 72.25

การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร : กรณีศึกษาบริษัท สุพรีม พรีซิชั่น แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด (อำนาจ อมฤก, 2562) เป็นงานวิจัยที่มุ่งศึกษาการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร โดยได้นำแนวคิดและหลักการในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต โดยในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล และนำมาวิเคราะห์ปัญหานั้นได้ใช้ใบตรวจสอบ แผนภูมิพาเรโต และผังแสดงเหตุและผล ทำให้พบว่าของเสียที่มีปริมาณมากที่สุดในเดือนเมษายน ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 คือชิ้นงาน 15 Series 1 Piece Pinpoint Tip มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กเกินไป คิดเป็นร้อยละ 45.10 และความร่วมศูนย์ไม่ได้ของชิ้นงาน Housing UNC คิดเป็นร้อยละ 45.10 จากนั้นได้ประยุกต์ใช้หลักวิชาการทางการควบคุมคุณภาพการผลิต และการจัดลำดับความสำคัญแบบ 2 ปัจจัย จึงทำให้ทราบถึง 7 สาเหตุสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสีย ซึ่งทั้ง 7 สาเหตุนั้นล้วนมีสาเหตุมาจากวิธีการปฏิบัติงาน จึงได้ทำการระดมสมองเพื่อร่วมกันจัดทำคู่มือมาตรฐานในการปรับตั้งค่า Offset Tool และได้จัดทำจิ๊กสำหรับการตรวจสอบค่าร่วมศูนย์ของงาน หลังจากได้คู่มือมาตรฐานที่เหมาะสมแล้วนั้นได้นำไปปรับใช้ในการปฏิบัติงานจริง พบว่าปริมาณของเสียตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ของ 15 Series 1 Piece Pinpoint Tip และ Housing UNC ลดลงจากเดิมร้อยละ 34.78 และร้อยละ 52.17 ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์จากของเสียทรายหล่อและเถ้า เพื่อนำใช้สำหรับคอนกรีตจีโอโพลีเมอร์โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบ D-optimal mixture design โดย (Mayandi Venkatesan, Qammer Zaib, Izhar Hussain Shah, & Hung Suck Park, 2019) ได้อธิบายถึงการนำทรายหล่อ (WFS) และ เถ้า เพื่อนำมาสังเคราะห์คอนกรีตจีโอโพลีเมอร์ (GPC) โดยใช้การออกแบบการทดลองแบบผสม แบบ D-optimal ถูกนำมาใช้เพื่อหาสัดส่วนขององค์ประกอบส่วนผสม (Fine aggregates, WFS และเถ้า) เพื่อให้ได้คอนกรีตที่สามารถทนแรงอัดได้สูง สำหรับ CS 7 และ CS 28 หลังจากทำการทดลองพบว่าการใช้ WFS และเถ้าในการใช้ที่มากที่สุดเป็นสูตรที่ดีที่สุด โดย CS 7 สามารถน

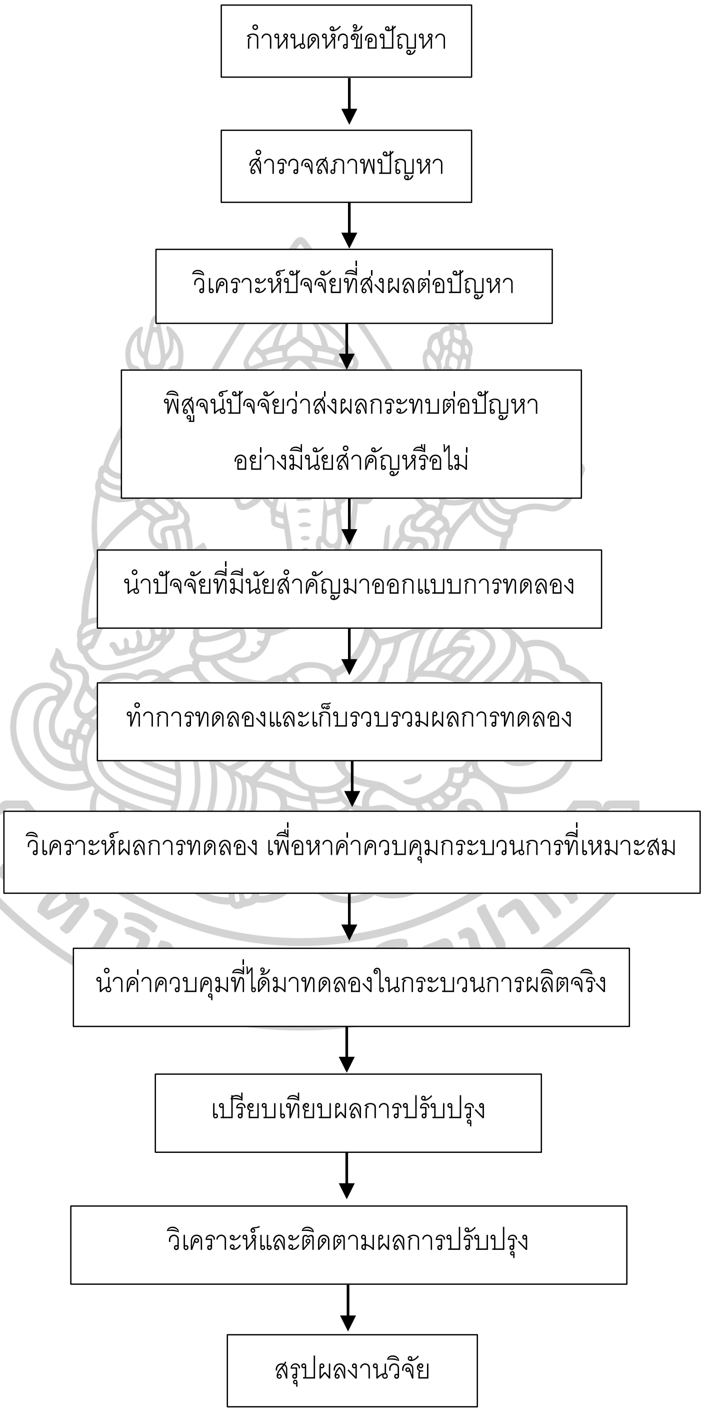
แรงอัดได้สูงถึง 18.9 N/mm^2 และ CS 27 สามารถทนแรงอัดได้ถึง 22.3 N/mm^2 โดยทั้งนี้ใช้ Fine aggregates ไป 32%

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดมีวิธีการดำเนินงานดังนี้



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด

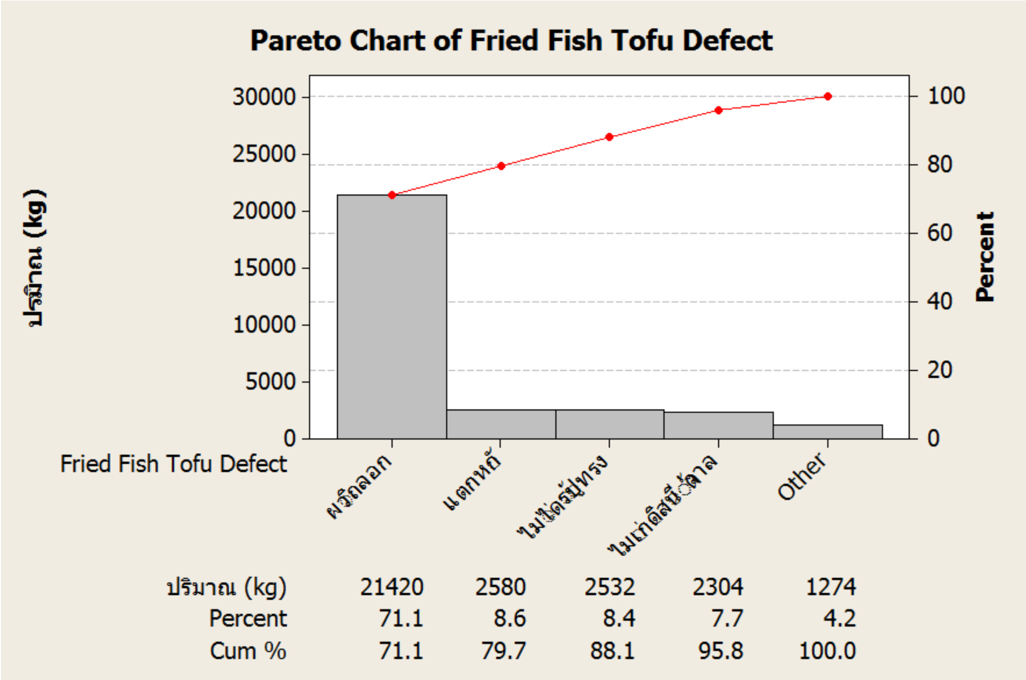
โรงงานกรณีศึกษาดำเนินธุรกิจผลิตสินค้าประมงแปรรูปซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 4 กลุ่มคือ กลุ่มลูกชิ้น จ๊อปลา เต้าหู้ปลาทอด และปลาเส้น โดยผู้วิจัยเลือกศึกษากลุ่มสินค้าเต้าหู้ปลาทอดเนื่องจากเป็นสินค้าหลักของโรงงานกรณีศึกษา มีกำลังการผลิตสูงที่สุด และสร้างกำไรให้แก่โรงงานมากที่สุด แต่ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตยังพบของเสียเป็นจำนวนมากในแต่ละวัน

จากการศึกษาข้อมูลของเสียในสายการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2561 พบว่าปริมาณผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 1,392,456 กิโลกรัม พบเป็นของเสียทั้งหมด 30,110 กิโลกรัม คิดเป็น 2.16 % ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำข้อมูลของเสียมาจัดทำแผนภูมิพาเรโตดังแสดงในภาพที่ 5 ทำให้พบว่าของเสียจากกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดที่มากที่สุดคือ ของเสียประเภทผิวถลอก 1.54 % ซึ่งคิดเป็น 15,382 DPPM (Defect Part per Million)

โดยเป้าหมายของงานวิจัยการลดของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดในครั้งนี้กำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงกระบวนการให้มีความเหมาะสมเพื่อลดของเสียที่จะเกิดขึ้นโดยตั้งเป้าหมายการลดลงของของเสียประเภทผิวถลอกลง 50%

ตารางที่ 1 ของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2561

ลำดับที่	ประเภทของของเสีย	ปริมาณ (kg)	ร้อยละ	DPPM
1	ไม่ได้รูปทรง	2,532.00	0.18	1,818.37
2	ผิวถลอก	21,420.00	1.54	15,382.89
3	แตกหัก	2,580.00	0.19	1,852.84
4	ไม่เกิดสีน้ำตาล	2,304.00	0.17	1,654.63
5	ไหม้	1,274.40	0.09	915.22
รวม		30,110.40	2.16	21,623.95



ภาพที่ 5 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2561

ภาพที่ 6 ของเสียประเภทไม่ได้รูปทรง

ภาพที่ 7 ของเสียประเภทผิวถลอก

ภาพที่ 8 ของเสียประเภทแตกหัก

ภาพที่ 9 ของเสียประเภทไม่เกิดสีน้ำตาล

ภาพที่ 10 ของเสียประเภทไหม้

3.1 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

หลักจากทราบถึงประเภทของของเสียหลักในกระบวนกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด ซึ่งคือของเสียประเภทผิวถลอก จึงได้ทำการระดมสมอง (Brainstorming) จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตทั้งหมด ตั้งแต่พนักงานหน้า จนถึงระดับผู้บริหาร และได้นำข้อมูลจากการระดมสมองมาจัดทำผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ดังแสดงในภาพที่ 11 โดยรายละเอียดของแต่ละหัวข้อมีดังนี้

พนักงาน

1.) พนักงานเกลี่ยชิ้นงานขณะพักให้เย็นตัวหลังการการทอดแรงเกินไป

เครื่องจักร และอุปกรณ์

1.) ชิ้นงานติดสายพานเครื่องทอด เนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างโปรตีนเนื้อปลากับโลหะ

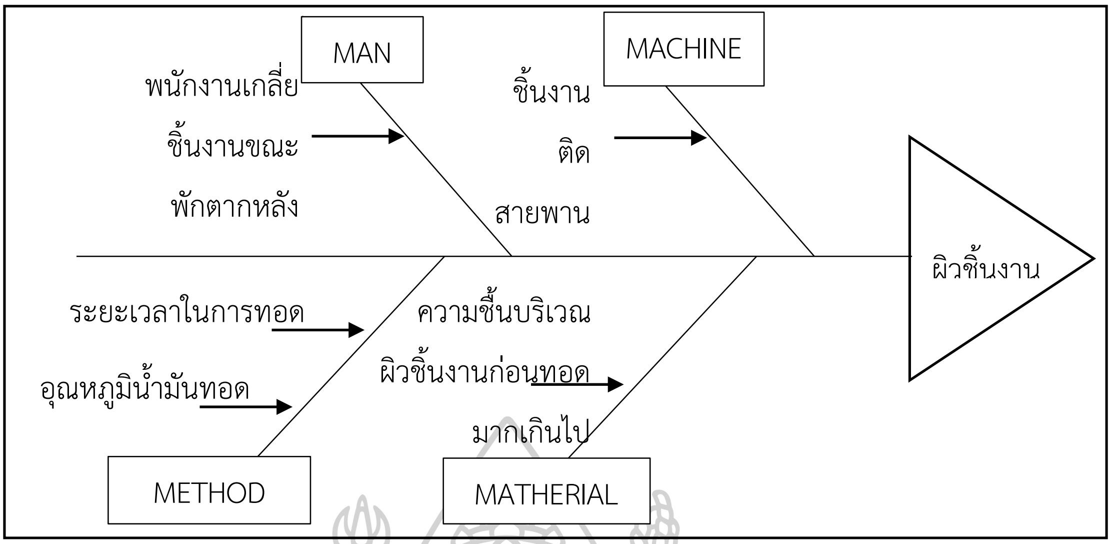
วิธีการปฏิบัติงาน

1.) ระยะเวลาในการทอด

2.) อุณหภูมิน้ำมันทอด

วัตถุดิบ

1.) ความชื้นบริเวณผิวของชิ้นงานเพิ่มการละลายโปรตีนเนื้อปลาออกมาทำปฏิกิริยากับโลหะ



ภาพที่ 11 ผังแสดงเหตุและผลสำหรับการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดของเสียประเภทผิวถลอก

3.2 การคัดเลือกสาเหตุของปัญหาโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

เมื่อได้ทำการระดมสมองเพื่อหาสาเหตุของการของเสียประเภทผิวถลอก และได้นำข้อมูลมาจัดทำผังแสดงเหตุและผลแล้วนั้น จึงได้นำแต่ละสาเหตุวิเคราะห์ต่อเพื่อคัดเลือกสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลมากที่สุดโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) โดยค่า PRN ของสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียประเภทผิวถลอกดังแสดงในตารางที่ 2

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด

คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	S	สาเหตุของคุณลักษณะความเสียหาย	O	วิธีการควบคุมปัจจุบัน	D	RPN
ไม่ได้รูปทรง	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	เนื้อผสมมีความหนืดมากเกินไป	1	กำหนดค่าความหนืดของเนื้อผสม	1	9
		9	พนักงานเทเนื้อผสมลงถาดไม่สม่ำเสมอ	3	เพิ่มขั้นตอนการสั่นถาดเพิ่มการกระจายตัวของเนื้อผสม	1	27
แตกหัก	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	พนักงานเกลี่ยชิ้นงานขณะพักให้เย็นตัวแรงเกินไป	3	ใช้อุปกรณ์ช่วยเกลี่ยแทนการใช้มือของพนักงาน	1	27
ไม่เกิดสีน้ำตาล	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	ชิ้นงานติดกันเนื่องจากความชื้นที่ผิวก่อนทอดมากเกินไปเกิดด้านที่ไม่สัมผัสความร้อน	1	เพิ่มระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานเพื่อลดความชื้นก่อนทอด	5	45
ผิวถลอก	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	ชิ้นงานติดสายพานเครื่องทอดเนื่องจากความชื้นที่ผิวของชิ้นงานก่อนทอดมากเกินไป	5	เพิ่มระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานเพื่อลดความชื้นก่อนทอด	7	315
		9	ชิ้นงานติดสายพานเครื่องทอดเนื่องจากระยะเวลาในการทอดไม่เหมาะสม	5	เพิ่มความเร็วสายพานเครื่องทอดเพื่อลดระยะเวลาในการทอด	7	315

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด (ต่อ)

คุณลักษณะความเสียหาย	ผลกระทบ	S	สาเหตุของคุณลักษณะความเสียหาย	O	วิธีการควบคุมปัจจุบัน	D	RPN
ผิวถลอก	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	ชิ้นงานติดสายพานเครื่องทอดเนื่องจากอุณหภูมิน้ำมันทอดไม่เหมาะสม	5	เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันทอด	7	315
		9	พนักงานเกลี่ยชิ้นงานขณะพักให้เย็นตัวแรงเกินไป	3	ใช้อุปกรณ์ช่วยเกลี่ยแทนการใช้มือของพนักงาน	1	27
ไหม้	ไม่ผ่านการตรวจคุณภาพทางกายภาพ	9	ชิ้นงานไม่ไหลออกจากเครื่องทอด วนกลับไปทอดซ้ำ	1	เพิ่มพนักงานจุดปลายสายพานเพื่อทำการตรวจสอบ	1	9

3.3 การออกแบบการทดลอง

จากการคัดกรองสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทผิวถลอกโดยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ทำให้ได้ปัจจัยที่มีระดับ PRN สูงที่สุด 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิน้ำมันทอด เวลาที่ใช้ในการทอด และความชื้นบริเวณผิวเต้าหู้ปลาก่อนทอด โดยปัจจัยความชื้นบริเวณผิวเต้าหู้ปลาก่อนทอดจะทำการศึกษาระยะเวลาการพักตากชิ้นงานก่อนทอด เนื่องจากระยะเวลาในการพักตากชิ้นก่อนนำไปทอดนั้นส่งผลต่อความชื้นบริเวณผิวเต้าหู้ปลาก่อนทอด กล่าวคือหากใช้ระยะเวลาในการพักตากนานขึ้น จะส่งผลให้ความชื้นบริเวณผิวลดน้อยลง

ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยจะนำไปศึกษาเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อกระบวนการโดยการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) แบบ Full Factorial 2^k โดยระดับของแต่ละปัจจัยแสดงดังตารางที่ 3 ทำให้ได้แผนการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับที่	ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับ	
		-1 (Minimum)	1 (Maximum)
1	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด	7 นาที	15 นาที
2	อุณหภูมิน้ำมันทอด	160 °c	180 °c
3	ระยะเวลาในการทอด	7 นาที	10 นาที

ตารางที่ 4 แผนการทดลอง

StdOrder	RunOrder	Blocks	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิน้ำมันทอด (°c)	ระยะเวลาในการทอด (นาที)
18	1	3	7	160	10
24	2	3	15	180	10
23	3	3	15	180	7
22	4	3	15	160	10
19	5	3	7	180	7
17	6	3	7	160	7
20	7	3	7	180	10
21	8	3	15	160	7
11	9	2	7	180	7
12	10	2	7	180	10
13	11	2	15	160	7
14	12	2	15	160	10
16	13	2	15	180	10

ตารางที่ 4 แผนการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	RunOrder	Blocks	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิน้ำมันทอด (°c)	ระยะเวลาในการทอด (นาที)
15	14	2	15	180	7
9	15	2	7	160	7
10	16	2	7	160	10
3	17	1	7	180	7
6	18	1	15	160	10
1	19	1	7	160	7
8	20	1	15	180	10
5	21	1	15	160	7
4	22	1	7	180	10
7	23	1	15	180	7
2	24	1	7	160	10

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียประเภทผิวถลอก ทำให้ได้ 3 ปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดคือ อุณหภูมิน้ำมันทอด ระยะเวลาในการทอด และระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด เพื่อนำมาออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง ซึ่งผลจากการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดลอง

StdOrder	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิน้ำมันทอด (°c)	ระยะเวลาในการทอด (นาที)	ปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (kg)	อุณหภูมิจุดกลางชิ้นงานหลังทอด (°c)
18	7	160	10	0.750	68
24	15	180	10	0.032	73
23	15	180	7	0.480	65
22	15	160	10	0.144	69
19	7	180	7	0.590	62
17	7	160	7	0.740	59
20	7	180	10	0.540	73
21	15	160	7	0.112	57
11	7	180	7	0.500	61
12	7	180	10	0.580	72
13	15	160	7	0.160	58
14	15	160	10	0.128	68
16	15	180	10	0.016	74
15	15	180	7	0.000	65

ตารางที่ 5 ผลการทดลอง (ต่อ)

StdOrder	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงาน (นาที)	อุณหภูมิน้ำมันทอด (°c)	ระยะเวลาในการทอด (นาที)	ปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (kg)	อุณหภูมิจุดกลางชิ้นงานหลังทอด (°c)
9	7	160	7	0.750	58
10	7	160	10	0.690	68
3	7	180	7	0.580	63
6	15	160	10	0.096	67
1	7	160	7	0.700	60
8	15	180	10	0.000	73
5	15	160	7	0.112	58
4	7	180	10	0.480	70
7	15	180	7	0.016	64
2	7	160	10	0.720	68

1. ผลการทดลอง

จากทำการทดลองโดยติดตามค่าการตอบสนอง 2 ค่าคือ ปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (Y1) และอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอด (Y2) ภายใต้ปัจจัยที่ศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย อุณหภูมิน้ำมันทอด เวลาที่ใช้ในการทอด และระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนองทั้ง 2 ตัวแปรดังกล่าวที่ระดับนัยสำคัญ (P-Value) 0.05 ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แสดงไว้ดังภาพที่ 12 สำหรับค่าการตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (Y1) และแสดงไว้ดังภาพที่ 13 สำหรับค่าการตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอด (Y2) การกระจายตัวของส่วนตกค้าง และความเป็นอิสระของส่วนตกค้างแสดงไว้ดังภาพที่ 14 สำหรับค่าการตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก และแสดงไว้ดังภาพที่ 15 สำหรับค่าการตอบสนองอุณหภูมิกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอด

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองสำหรับการตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (Y1) พบว่าค่า P-Value ของปัจจัยระยะเวลาการพักตากชิ้นงานก่อนทอด (A) และปัจจัยอุณหภูมิน้ำมันทอด (B) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าปัจจัยทั้ง 2 ส่งผลต่อปริมาณของเสียประเภทผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยระยะเวลาในการทอด (C) มีค่า P-Value มากกว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการทอดไม่ส่งผลต่อปริมาณของเสียประเภทผิวถลอกอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งความมีอิทธิพลของทั้ง 3 ปัจจัยแสดงไว้ดังภาพที่ 16 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อิทธิพลหลัก (Main Effect) และภาพที่ 17 เป็นการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยกราฟที่มีความชันแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นส่งผลต่อค่าตอบสนอง

สำหรับค่าการตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอด (Y2) เมื่อพิจารณาค่า P-Value พบว่าปัจจัยอุณหภูมิน้ำมันทอด (B) และปัจจัยระยะเวลาในการทอด (C) มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิน้ำมันทอด และระยะเวลาในการทอดส่งผลต่ออุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด (A) พบว่ามีค่า P-Value มากกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาในการพักตากนั้นไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอดอย่างมีนัยสำคัญ ความมีอิทธิพลของทั้ง 3 ปัจจัยแสดงไว้ดังภาพที่ 18 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อิทธิพลหลัก (Main Effect) และภาพที่ 19 เป็นการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย โดยกราฟที่มีความชันแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนั้นส่งผลต่อค่าตอบสนอง

Factorial Fit: Y1 versus A, B, C

Estimated Effects and Coefficients for Y1 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.3715	0.02073	17.92	0.000
A	-0.5270	-0.2635	0.02073	-12.71	0.000
B	-0.1073	-0.0537	0.02073	-2.59	0.020
C	-0.0470	-0.0235	0.02073	-1.13	0.274
A*B	0.0727	0.0363	0.02073	1.75	0.099
A*C	-0.0303	-0.0152	0.02073	-0.73	0.475
B*C	-0.0393	-0.0197	0.02073	-0.95	0.357
A*B*C	-0.0327	-0.0163	0.02073	-0.79	0.442

S = 0.101559   PRESS = 0.37131
R-Sq = 91.61%   R-Sq(pred) = 81.12%   R-Sq(adj) = 87.94%

Analysis of Variance for Y1 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	1.74875	1.74875	0.58292	56.52	0.000
A	1	1.66637	1.66637	1.66637	161.56	0.000
B	1	0.06912	0.06912	0.06912	6.70	0.020
C	1	0.01325	0.01325	0.01325	1.29	0.274
2-Way Interactions	3	0.04649	0.04649	0.01550	1.50	0.252
A*B	1	0.03168	0.03168	0.03168	3.07	0.099
A*C	1	0.00552	0.00552	0.00552	0.54	0.475
B*C	1	0.00928	0.00928	0.00928	0.90	0.357
3-Way Interactions	1	0.00640	0.00640	0.00640	0.62	0.442
A*B*C	1	0.00640	0.00640	0.00640	0.62	0.442
Residual Error	16	0.16503	0.16503	0.01031		
Pure Error	16	0.16503	0.16503	0.01031		
Total	23	1.96667				

ภาพที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก

Factorial Fit: Y2 versus A, B, C

Estimated Effects and Coefficients for Y2 (coded units)

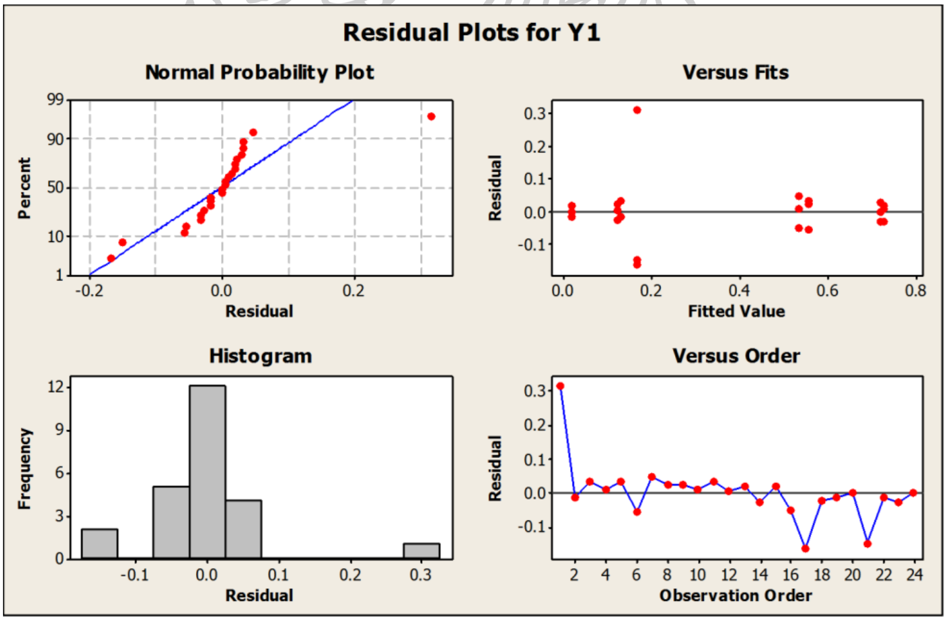
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		65.5417	0.1816	360.87	0.000
A	0.7500	0.3750	0.1816	2.06	0.056
B	4.7500	2.3750	0.1816	13.08	0.000
C	9.4167	4.7083	0.1816	25.92	0.000
A*B	1.4167	0.7083	0.1816	3.90	0.001
A*C	0.0833	0.0417	0.1816	0.23	0.821
B*C	-0.2500	-0.1250	0.1816	-0.69	0.501
A*B*C	-0.5833	-0.2917	0.1816	-1.61	0.128

S = 0.889757   PRESS = 28.5
R-Sq = 98.19%   R-Sq(pred) = 95.92%   R-Sq(adj) = 97.39%

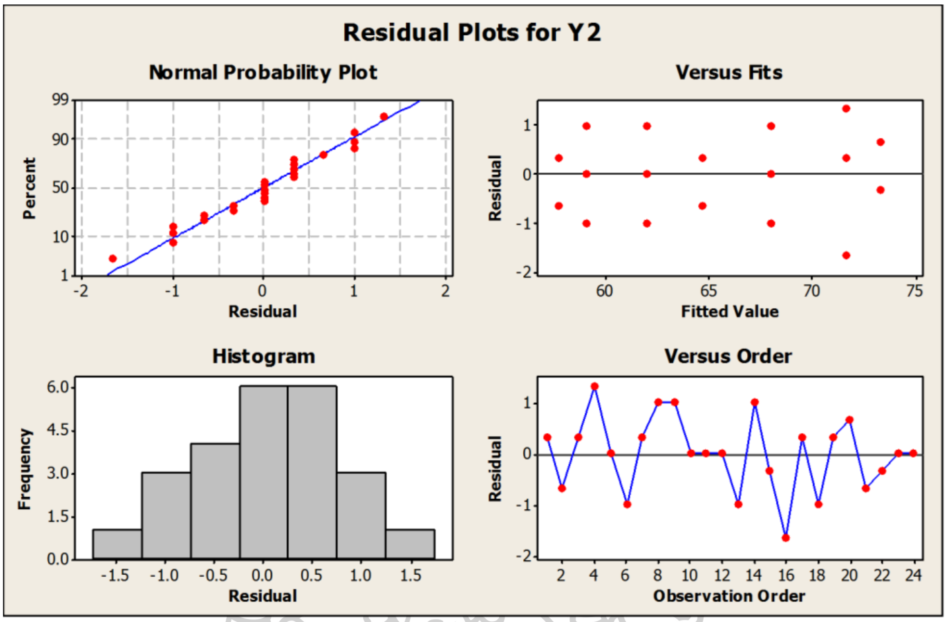
Analysis of Variance for Y2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	670.792	670.792	223.597	282.44	0.000
A	1	3.375	3.375	3.375	4.26	0.056
B	1	135.375	135.375	135.375	171.00	0.000
C	1	532.042	532.042	532.042	672.05	0.000
2-Way Interactions	3	12.458	12.458	4.153	5.25	0.010
A*B	1	12.042	12.042	12.042	15.21	0.001
A*C	1	0.042	0.042	0.042	0.05	0.821
B*C	1	0.375	0.375	0.375	0.47	0.501
3-Way Interactions	1	2.042	2.042	2.042	2.58	0.128
A*B*C	1	2.042	2.042	2.042	2.58	0.128
Residual Error	16	12.667	12.667	0.792		
Pure Error	16	12.667	12.667	0.792		
Total	23	697.958				

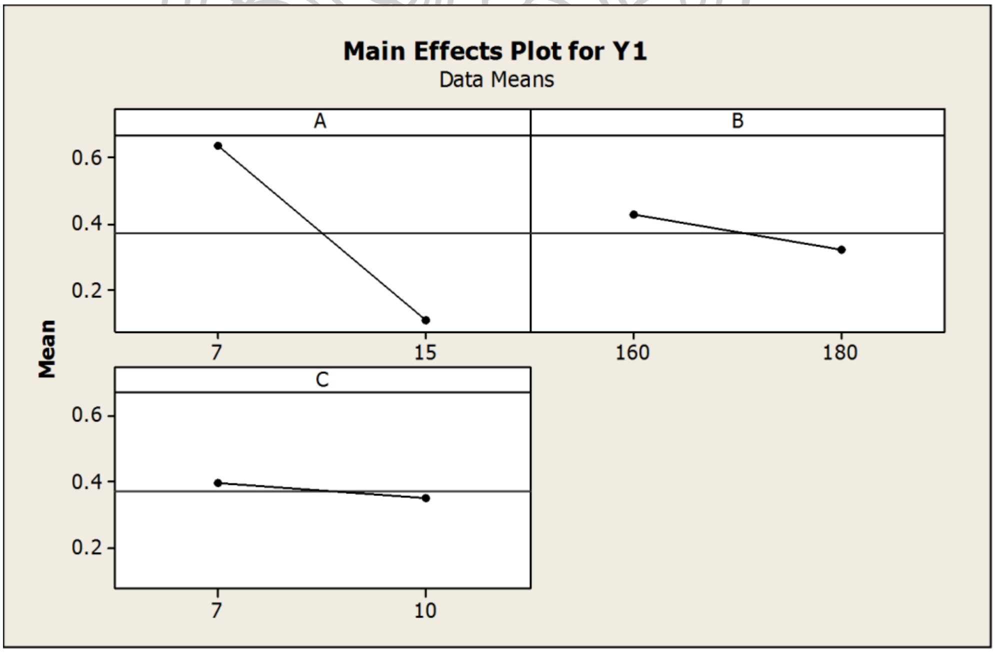
ภาพที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอด



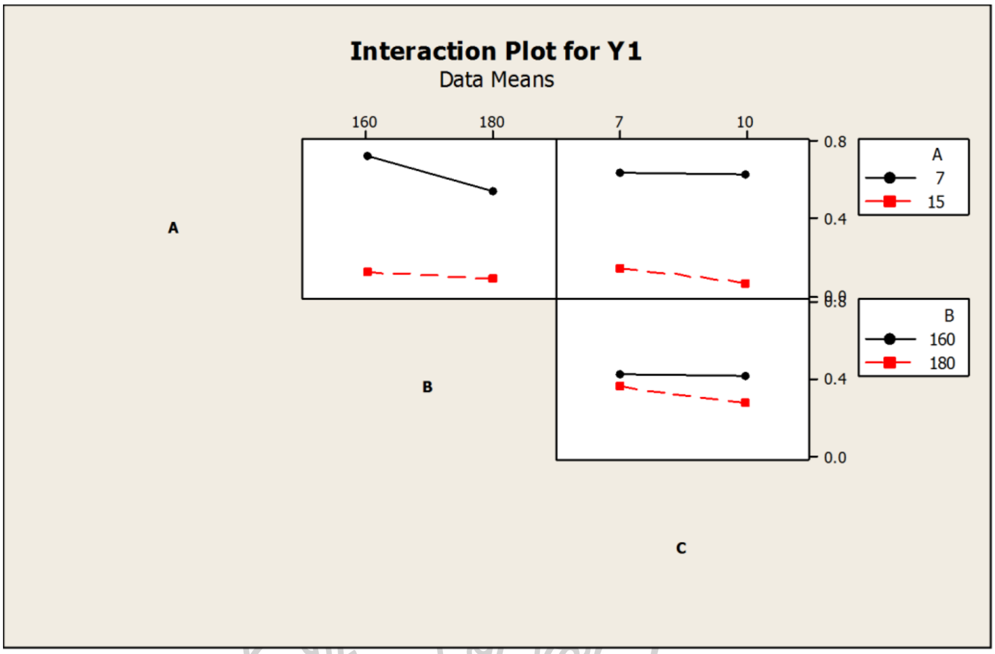
ภาพที่ 14 แผนภูมิการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง สำหรับการตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก



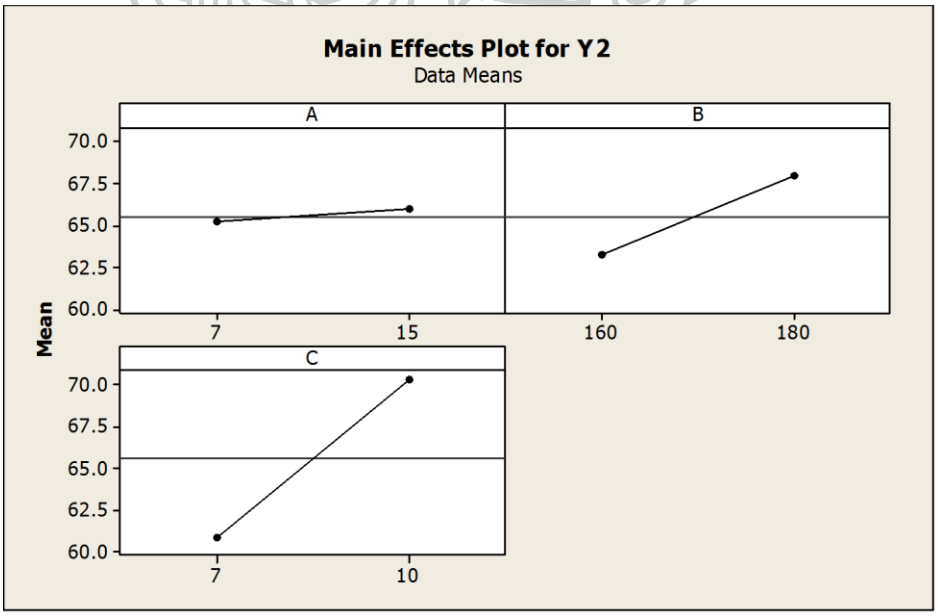
ภาพที่ 15 แผนภูมิการกระจายตัวของส่วนตกค้าง ความเป็นอิสระของส่วนตกค้าง สำหรับการตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นหลังทอด



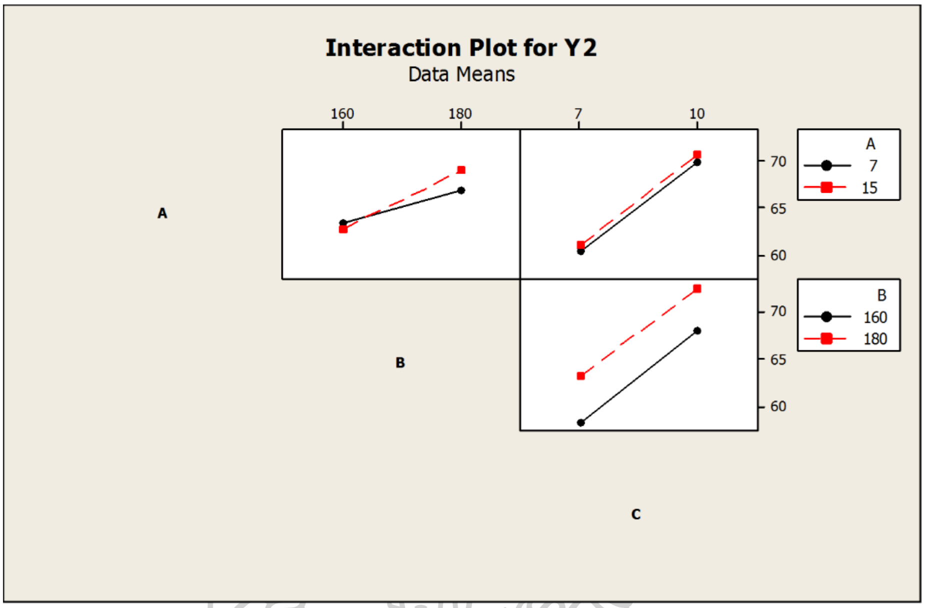
ภาพที่ 16 แผนภูมิการวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก



ภาพที่ 17 แผนภูมิปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก



ภาพที่ 18 แผนภูมิการวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังการทอด



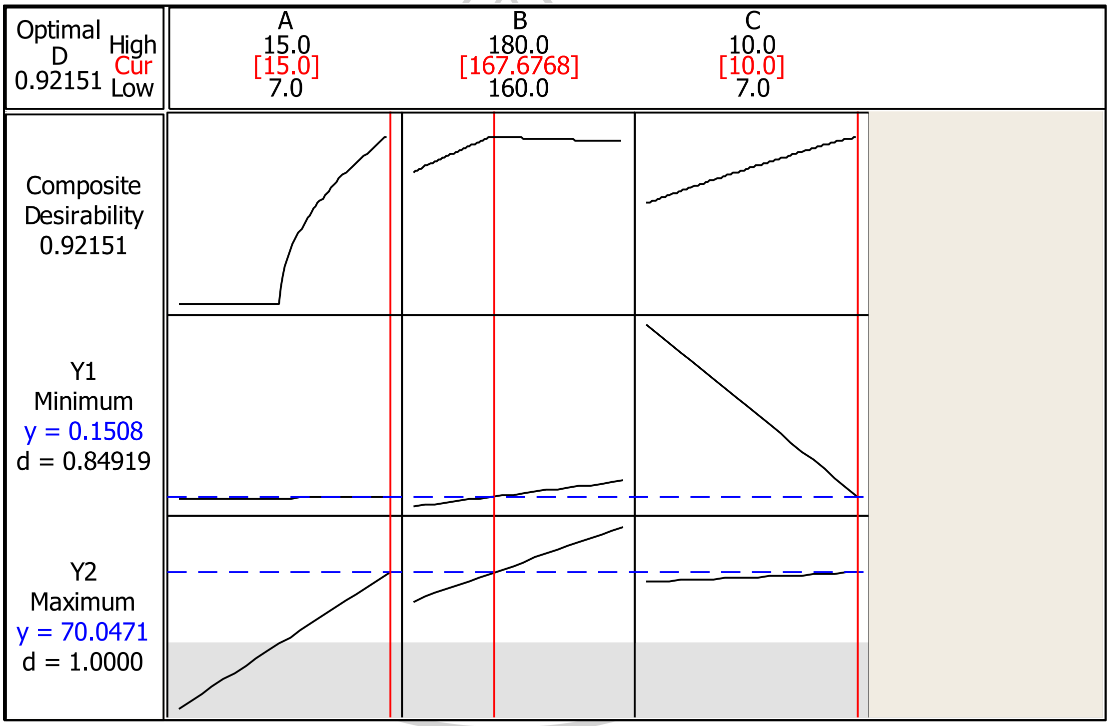
ภาพที่ 19 แผนภูมิปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อค่าตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังการทอด

2. การพิจารณาสภาวะที่เหมาะสม

เมื่อทราบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆแล้ว จึงทำการหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดปริมาณของเสียประเภทผิวถลอกที่น้อยที่สุด และมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอดอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ โดยใช้โปรแกรม Minitab ฟังก์ชั่น Response Optimization กำหนดค่าตอบสนองปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก (Y1) เป็นค่า Minimum และค่าตอบสนองอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานหลังทอดกำหนดที่ 65-70 °C เนื่องจากเป็นค่าที่กำหนดใช้ในการผลิตจริง สภาวะของแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าตอบสนองทั้ง 2 ค่าใกล้เคียงตามที่กำหนดไว้มากที่สุดแสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 20

ตารางที่ 6 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสม

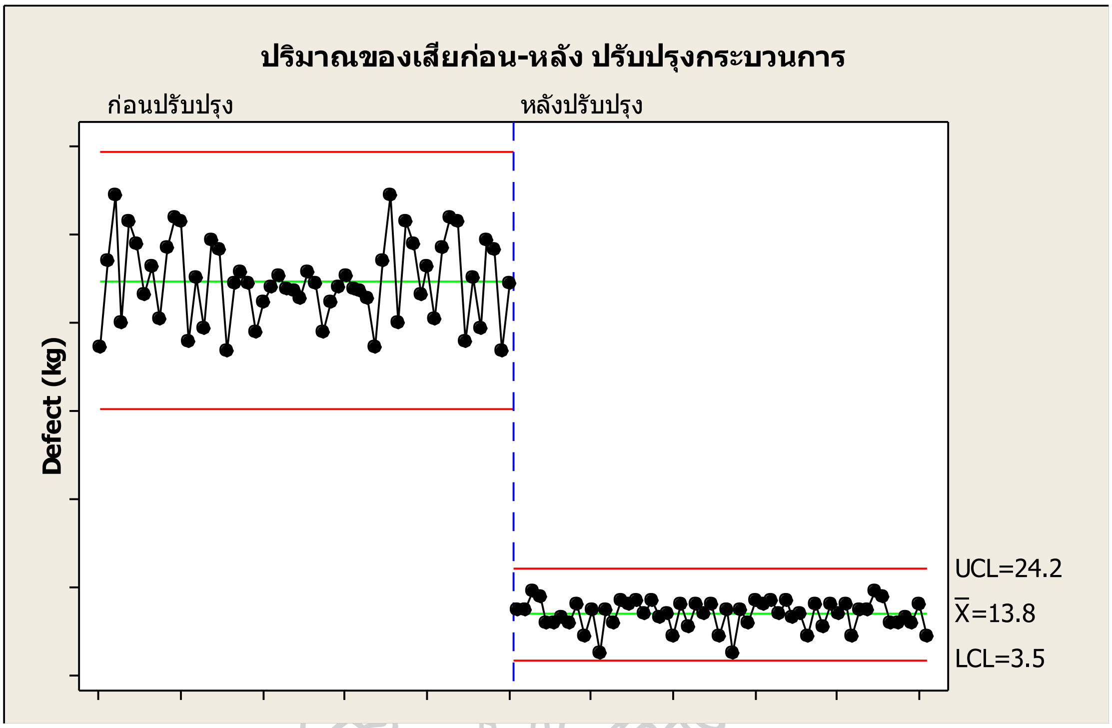
ลำดับที่	ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับที่เหมาะสม
1	ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด	15 นาที
2	อุณหภูมิน้ำมันทอด	167.68 ℃
3	ระยะเวลาในการทอด	10 นาที



ภาพที่ 20 แผนภูมิแสดงการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยเพื่อค่าตอบสนองที่ต้องการ

3. การเปรียบเทียบปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมของทั้ง 3 ปัจจัยแล้ว ได้นำระดับปัจจัยดังกล่าวมาปรับใช้กับกระบวนการผลิตจริง โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่มีนาคม 2563 ถึงเมษายน 2563 พบว่าปริมาณของเสียเมื่อเทียบกับของเสียในช่วงเดือนตุลาคม ถึงพฤศจิกายน 2562 ที่มีปริมาณของเสียอยู่ที่ 14,605 DPPM ลดลงเหลือ 3,318 DPPM ดังแสดงตามภาพที่ 21



ภาพที่ 21 แผนภูมิควบคุมแสดงการเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตเต้าหู้ปลาทอด เพื่อลดปริมาณของเสียทีเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมต่อกระบวนการเพื่อนำไปใช้เป็นค่ามาตรฐานสำหรับกระบวนการผลิตต่อไป จากการดำเนินการทดลอง และได้ทราบถึงผลการทดลองมาแล้วนั้น สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยการพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยผังแสดงเหตุและผลจากการระดมสมองของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการทั้งหมด จากนั้นได้นำมาวิเคราะห์ต่อเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหามากที่สุดด้วยการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) จึงได้ปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุหลักของการเกิดประเภทผิวถลอก 3 ปัจจัยคือ ความชื้นบริเวณผิวชิ้นงานก่อนการทอด อุณหภูมิในการทอด และระยะเวลาในการทอด

1.2 เมื่อได้ปัจจัยที่คาดว่าเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดองเสียประเภทผิวถลอกแล้ว จึงได้นำปัจจัยทั้ง 3 มาออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial 2^k โดยกำหนดระดับของปัจจัยละ 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ตัวแปร 2 ตัวแปรคือ ปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก และอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงาน พบว่าปัจจัยความชื้นบริเวณผิวชิ้นงานก่อนทอด โดยในที่นี้ศึกษาจากระยะเวลาในการพักตากก่อนทอด และปัจจัยอุณหภูมิในการทอด ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณของเสียประเภทผิวถลอก ส่วนตัวแปรตามอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานก่อนทอด พบว่าปัจจัยอุณหภูมิในการทอด และปัจจัยระยะเวลาในการทอดส่งผลอย่างมีนัยสำคัญ จากนั้นได้ศึกษาระดับของปัจจัยทั้ง 3 ที่ทำให้เกิดปริมาณของเสียประเภทผิวถลอกที่น้อยที่สุด และมีอุณหภูมิจุดกึ่งกลางชิ้นงานอยู่ในค่าควบคุมของกระบวนการที่ 65-70 ℃ จึงได้ระดับของแต่ละปัจจัยที่เหมาะสมคือ ระยะเวลาในการพักตากชิ้นงานก่อนทอด 15 นาที อุณหภูมิในการทอด 167.68 ℃ และระยะเวลาในการทอด 10 นาที

1.3 เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้วจึงได้นำมาปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง แล้วเก็บผลปริมาณของเสียรวมในระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่มีนาคม 2562 ถึงเมษายน 2563 พบว่าปริมาณของเสียเมื่อเทียบกับของเสียในช่วงเดือนตุลาคม ถึงพฤศจิกายน 2562 ที่มีปริมาณของเสียอยู่ที่ 14,605 DPPM ลดลงเหลือ 3,318 DPPM ซึ่งปริมาณของเสียลดลงมากกว่า 50%

2. ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

2.1 สำหรับบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานการคัดแยกของเสียควรติดป้ายบ่งชี้ลักษณะของเสียกำกับไว้ ควรมีทั้งข้อความและรูปภาพ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน หากมีการปฏิบัติงานแทนกันจะสามารถคัดแยกของเสียได้อย่างถูกต้อง

2.2 ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมอาหารควรคำนึงถึงการส่งผลกระทบต่อจุดควบคุมวิกฤต (Critical control point) ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เนื่องจากเป็นค่าที่ใช้ในการควบคุมความปลอดภัยของอาหารทั้งทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ต่อผู้บริโภค

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายการอ้างอิง

Mayandi Venkatesan, Qammer Zaib, Izhar Hussain Shah, & Hung Suck Park. (2019). Optimum utilization of waste foundry sand and fly ash for geopolymer concrete synthesis using D-optimal mixture design of experiments. . *Resources, Conservation & Recycling,* 148(2019), 10.

จักรี ทองเรือง. (2544). ซูริมิ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑามาศ รัตนกุล, & มานพ เรี่ยวเดชะ. (2555). การลดข้อบกพร่องของกระบวนการบรรจุกุ้งแปรรูปซูชิแช่แข็ง. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์,* 3(4), 17.

นิพนธ์ มณีโชติ, & ผจงจิต พิจิตบรรจง. (2562). การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางแท่ง. *วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย,* 5(1), 9.

บุญชัย แซ่สิ้ว. (2559). การลดของเสียในขั้นตอนกระบวนการบรรจุ โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตขนมขบเคี้ยว. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลาปาง,* 9(2), 15.

ปฐมพงษ์ หอมศรี, & จักรพรรณ คงธนะ. (2556). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต,* 3(2), 23.

ปารเมศ ชุติมา. (2544). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลศรี สิทธิกูล. (2557). การลดของเสียของกระบวนการผลิตท่อช่วยหายใจโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา: บริษัทผลิตอุปกรณ์การแพทย์. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

อำนาจ อมฤก. (2562). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร: กรณีศึกษาบริษัท สุพรีม พรีซิชั่น แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด. *วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย,* 5(1), 13.

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ชนม์นิภา หิรัญการ
วัน เดือน ปี เกิด	11 ธันวาคม 2535
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลสมุทรสาคร
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาปริญญาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร พ.ศ. 2561 ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	38/28 ม.8 ต.ท่าทราย อ.เมืองสมุทรสาคร จ.สมุทรสาคร 74000

มหาวิทยาลัยศิลปากร