การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา

นางสาวฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION TIME LOSS REDUCTION IN SAUCE PRODUCTION LINE BY LEAN SIX SIGMA APPROACH

Miss Thitima Ritprasertsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา
โดย	นางสาวฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี : การลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา (PRODUCTION TIME LOSS REDUCTION IN SAUCE PRODUCTION LINE BY LEAN SIX SIGMA APPROACH) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา, 110 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม อันเป็นสาเหตุให้ปริมาณผลผลิตน้ำจิ้มต่ำกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ ส่งผลให้ไม่สามารถส่งมอบผลิตภัณฑ์ได้ทันตามกำหนดเวลา โดยนำแนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

งานวิจัยนี้ดำเนินงานตามขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา ประกอบด้วย 5 ระยะ ดังนี้ 1) ระยะนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น โดยทำการศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้มและสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา กำหนดปัญหาและขอบเขตในการวิจัย 2) ระยะการวัดสภาพปัญหา เริ่มด้วยการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อระดมสมองหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยใช้แผนภูมิก้างปลา นำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล และนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาคัดกรองปัจจัยด้วยเทคนิค Failure mode and effect analysis 3) ระยะการวิเคราะห์ปัญหา เป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติต่างๆ มาหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยออกแบบและทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k 4) ระยะการปรับปรุงกระบวนการ ในขั้นตอนนี้ทำการหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยทำการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยให้มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด โดยระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส 5) ระยะการควบคุมกระบวนการ โดยนำระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้งหมดที่ได้จากผลการทดลองมาปฏิบัติจริง ผลจากการปรับปรุงกระบวนการพบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที คิดเป็น 47.76% สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำจิ้มได้ 36.25 ตันต่อเดือน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5870927421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: LEAN SIX SIGMA / TIME LOSS

THITIMA RITPRASERTSRI: PRODUCTION TIME LOSS REDUCTION IN SAUCE PRODUCTION LINE BY LEAN SIX SIGMA APPROACH. ADVISOR: PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 110 pp.

This research aimed to reduce time lost that occurs in sauce production line, which could cause the insufficiency in production. As a result, most shipments are unable to meet their delivery dates. The concept of lean six sigma applied to solve the problem.

This research implementation of six sigma includes five phases: 1) Define phase, studied the sauce production and problem of case study from factory. Problem definition and scope of the research. 2) Measure phase, started with an analysis of the accuracy of the measurement system of automatic systems used in process control. Then used the brainstorm technique on factors that affect the loss incurred in the production of sauce. Analyzed the relationship between cause and effect. Factor analysis were then screened by FMEA technic. 3) Analyze phase, the analysis was carried out to determine the causes of the problem with the 2^k factorial design. 4) Improve phase, Central Composite Design (CCD) was used in this experiment to find their appropriate levels which could reduce the lost time in process. In order to consume the minimum lost time in the process, the optimized value of the syrup temperature and the heating temperature are 77.6^0C and 91.0^0C, respectively. 5) Control phase, all settings of the significant factors derived from the previous phase were implemented in the process. It was found that could reduce the time taken in production process from 134 to 70 minutes. To sum up, the total time in production process was reduced by 47.76%. And productivity was increased to 36.25 tons per month.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....
Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องด้วยความช่วยเหลือและการเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษาจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และติดตามการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จ ตลอดจนแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ภายนอก ที่ให้คำแนะนำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้บริหารและโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูงที่ให้โอกาสผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิจัย ตลอดจนพนักงานและเพื่อนร่วมงานทุกแผนกที่ให้ความร่วมมือ ช่วยกันระดมสมอง ให้คำแนะนำและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำการวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประศาสตร์วิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า และให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนในทุกด้าน พร้อมทั้งเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้าตลอดมา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา 3
1.1.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ 3
1.1.2 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 4
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 5
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 13
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 13
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 13
1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 15
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 15
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
2.1 ลีน (Lean) 17
2.1.1 ความหมายของลีนและระบบการผลิตแบบลีน 17
2.1.2 ความเป็นมาของระบบการผลิตแบบลีน 17
2.1.3 ความสูญเปล่า 7 ประการ 19
2.1.4 การขจัดความสูญเปล่า 22

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.2 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) 22
2.2.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา 22
2.2.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา 23
2.2.3 ตัววัดระดับคุณภาพ 24
2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา 25
2.3 ลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma) 26
2.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา 26
2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) 30
2.5.1 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) 31
2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) 32
2.6 จุลินทรีย์ (Microorganism) 32
2.6.1 ความหมายของจุลินทรีย์ 32
2.6.2 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร 33
2.6.3 การป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร 34
2.6.4 การใช้ความร้อนควบคุมจุลินทรีย์ 34
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 การนิยามปัญหา (Define Phase) 37
3.1 การจัดตั้งคณะทำงาน 37
3.2 กระบวนการผลิตน้ำจิ้มของโรงงานกรณีศึกษา 37
3.3 การนิยามปัญหา 45
3.4 สรุประยะนิยามปัญหา 46
บทที่ 4 การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase) 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัด 47
4.2 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า 48
4.2.1 การหาปัจจัยโดยใช้แผนผังเหตุและผลหรือแผนภูมิก้างปลา (Cause & effect diagram) 48
4.2.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) 50
4.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) 52
4.3 สรุประยะตรวจวัดปัญหา 55
บทที่ 5 การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase) 57
5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน 57
5.2 ตัวแปรตอบสนอง 58
5.3 ปัจจัยควบคุม 58
5.4 การออกแบบการทดลอง 59
5.5 ผลการทดลอง 59
5.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 60
5.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 62
5.8 สรุประยะการวิเคราะห์ปัญหา 64
บทที่ 6 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase) 65
6.1 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ 65
6.2 ตัวแปรตอบสนอง 65
6.3 การออกแบบการทดลอง 66
6.4 ผลการทดลอง 66
6.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 67
6.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

6.7 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ 71
บทที่ 7 การควบคุมกระบวนการ (Control Phase) 72
7.1 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต 72
7.2 การกำหนดแผนควบคุม 74
7.3 แนวทางการควบคุมระดับของปัจจัย 75
7.4 สรุประยะการควบคุมกระบวนการ 83
บทที่ 8 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 85
8.1 บทสรุประยะนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น 85
8.2 บทสรุประยะการวัดสภาพปัญหา 85
8.3 บทสรุประยะการวิเคราะห์ปัญหา 86
8.4 บทสรุประยะการปรับปรุงกระบวนการ 86
8.5 บทสรุประยะการควบคุมกระบวนการ 87
8.6 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย 87
8.7 ข้อเสนอแนะ 87
รายการอ้างอิง 89
ภาคผนวก ก ข้อมูลระยะนิยามปัญหา 93
ภาคผนวก ข ข้อมูลระยะการวัดสภาพปัญหา 101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการค้าอาหารโลกปี พ.ศ.2555 - พ.ศ.2560 1

ตารางที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกอาหารของไทยปี พ.ศ.2555 - พ.ศ.2560.....2

ตารางที่ 1.3 Top Five มูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป (Package Food) ปี 2556 – 2557.....2

ตารางที่ 1.4 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขของโรงงานกรณีศึกษา.....8

ตารางที่ 1.5 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม.....11

ตารางที่ 1.6 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย.....16

ตารางที่ 2.1 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมุติฐาน 32

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้ม 45

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัย 51

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) 54

ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA เรียงลำดับปัจจัยตามค่า RPN 55

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยและระดับในการทดลอง 2^3 Factorial design.....58

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต.....59

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยและระดับในการทดลองแบบส่วนประสมกลาง 65

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองปัจจัยที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยที่ทำให้ใช้เวลาในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด.....67

ตารางที่ 6.3 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม.....71

ตารางที่ 7.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ 73

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม.....76

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Sweet Chili Sauce 3
รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Dipping Sauce 3
รูปที่ 1.3 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Stir Fry Sauce 4
รูปที่ 1.4 รายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำจิ้มของโรงงานกรณีศึกษา 5
รูปที่ 1.5 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 7
รูปที่ 1.6 ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเทียบกับเป้าหมายระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 9
รูปที่ 1.7 ปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงเทียบกับเป้าหมาย ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 10
รูปที่ 1.8 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม 12
รูปที่ 2.1 เส้นโค้งการกระจายตัวปกติภายใต้ Six Sigma Quality Level เมื่อ mean shift + 1.5σ 24
รูปที่ 2.2 ผังแสดงเหตุและผล 28
รูปที่ 2.3 แผนภูมิพาเรโต 29
รูปที่ 2.4 ผังการกระจาย 29
รูปที่ 2.5 ฮิสโทแกรม 30
รูปที่ 2.6 แผนภูมิควบคุม 30
รูปที่ 2.7 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง 31
รูปที่ 3.1 การเตรียมน้ำเชื่อม 38
รูปที่ 3.2 ละลายส่วนผสมเข้าด้วยกัน 38
รูปที่ 3.3 การผสมวัตถุดิบ 39
รูปที่ 3.4 การcool down 39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 3.5 การบรรจุน้ำจิ้ม 40
รูปที่ 3.6 การตรวจจับโลหะโดยเครื่อง Metal detector 40
รูปที่ 3.7 การปิดฝาขวดด้วยเครื่องปิดฝา 41
รูปที่ 3.8 การล้างทำความสะอาดขวด 41
รูปที่ 3.9 การเป่าลมร้อน 42
รูปที่ 3.10 การติดฉลากบรรจุภัณฑ์ 42
รูปที่ 3.11 การพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์ 43
รูปที่ 3.12 การหุ้มฝาโดยใช้ shrink film 43
รูปที่ 3.13 การบรรจุสินค้าลงกล่อง 44
รูปที่ 3.14 การจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า 44
รูปที่ 3.15 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา 46
รูปที่ 4.1 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม 49
รูปที่ 4.2 แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ (Cause and Effect Matrix) 52
รูปที่ 4.3 แผนภูมิพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของค่า RPN 55
รูปที่ 5.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ 60
รูปที่ 5.2 ผลการทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ 61
รูปที่ 5.3 ผลการทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล 62
รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 62
รูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอันตรกิริยาของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 63
รูปที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต 64
รูปที่ 6.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ 68

รูปที่ 6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ 69
รูปที่ 6.3 ผลการทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล 69
รูปที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต 70
รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ 71
รูปที่ 7.1 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์และหน้าจอควบคุมกระบวนการผลิต 72
รูปที่ 7.2 ปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงเทียบกับเป้าหมาย ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – ธันวาคม 2559 73
รูปที่ 7.3 ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเทียบกับเป้าหมายระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – ธันวาคม 2559.....74
รูปที่ 7.4 แผนภูมิควบคุม I-MR ของเวลาในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21 75
รูปที่ 7.5 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันประชากรโลกมีแนวโน้วเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ความต้องการสินค้าเพื่อการอุปโภคมากขึ้น รวมถึงมีความต้องการอาหารเพื่อการบริโภคและสำรองเก็บไว้มีมากขึ้น ในปี พ.ศ. 2559 - พ.ศ.2560 ตลาดการค้าอาหารโลกเป็นตลาดที่มีมูลค่าสูงมากและมีแนวโน้มเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง คาดว่ามูลค่าการค้าจะสูงถึง 1.58 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และ 1.69 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1.1 (วรรณวิจักขณ์ 2559)

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการค้าอาหารโลกปี พ.ศ.2555 - พ.ศ.2560

ปี พ.ศ.	มูลค่าการค้าอาหารโลก (เหรียญสหรัฐฯ)
2555	1,260,385
2556	1,330,425
2557	1,367,288
2558f	1,488,087
2559f	1,584,319
2560f	1,690,932

หมายเหตุ : f ตัวเลขพยากรณ์

ที่มา : อุตสาหกรรมสาร เดือนมีนาคม - เมษายน 2559

ปัจจุบันการค้าอาหารโลกได้มีการปรับเปลี่ยนไปจากเดิมที่เน้นการส่งออกสินค้าเกษตรที่เป็นอาหารพื้นฐานสำหรับมนุษย์และสัตว์ผ่านการแปรรูปขั้นต้น เช่น การล้าง ขัด สี หรือตากแห้ง โดยการส่งออกเหล่านี้ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีระดับสูง และยังไม่มีการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้ามากนัก ได้เปลี่ยนมาสู่การส่งออกสินค้าอาหารแปรรูปมากยิ่งขึ้น โดยคิดเป็นมูลค่ากว่าร้อยละ 60 ของมูลค่าการค้าอาหารของทั้งโลก ซึ่งผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเป็นสินค้าที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีระดับสูงมากขึ้น และมีการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตร เพื่อให้ตรงตามความต้องการของตลาด (วรรณวิจักขณ์ 2559)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีสินค้าอาหารเป็นที่ต้องการของตลาดโลกอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ.2559 - พ.ศ.2560 คาดว่ามูลค่าการส่งออกอาหารไทยไปยังตลาดโลกจะสูงถึง 29,589 ล้าน

เหรียญสหรัฐฯ และ 31,066 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1.2 (วรรณวิจักขณ์ 2559)

ตารางที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกอาหารของไทยปี พ.ศ.2555 - พ.ศ.2560

ปี พ.ศ.	**มูลค่าการส่งออกอาหารของไทย (เหรียญสหรัฐฯ)**
2555	31,330
2556	29,972
2557	31,619
2558f	29,511
2559f	29,589
2560f	31,066

หมายเหตุ : f ตัวเลขพยากรณ์

ที่มา : อุตสาหกรรมสาร เดือนมีนาคม - เมษายน 2559

ผลิตภัณฑ์ที่คนไทยนิยมบริโภคสูงสุด ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์จากนม ร้อยละ 22 ของมูลค่าค้าปลีกทั้งหมด อาหารแปรรูปแห้งร้อยละ 20 ซอส/น้ำสลัด/เครื่องปรุงรสร้อยละ 10 เบเกอรี่ร้อยละ 10 และขนมขบเคี้ยวร้อยละ 8 ดังแสดงในตารางที่ 1.3 (วรรณวิจักขณ์ 2557)

ตารางที่ 1.3 Top Five มูลค่าผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป (Package Food) ปี 2556 – 2557

อันดับ	**กลุ่มผลิตภัณฑ์**	**พ.ศ.2556 (ล้านบาท)**	**พ.ศ.2557* (ล้านบาท)**
1	ผลิตภัณฑ์จากนม	73,756.0	77,143.7
2	อาหารแปรรูปแห้ง	57,503.0	61,933.2
3	ซอส/น้ำสลัด/เครื่องปรุง	34,452.2	35,876.6
4	เบเกอรี่	32,710.0	34,686.0
5	ขนมขบเคี้ยว	27,691.8	28,723.1
อื่นๆ		100,218.8	105,984.1
Packaged Food ทั้งหมด		326,331.8	344,346.7

หมายเหตุ : *ประมาณการณ์

ที่มา : อุตสาหกรรมสาร เดือนมีนาคม - เมษายน 2557

1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษา เป็นโรงงานผลิตและจัดจำหน่ายน้ำจิ้ม เครื่องแกง และซอสปรุงรสชนิดต่างๆ อาทิเช่น น้ำจิ้มไก่ น้ำจิ้มสุกี้ น้ำจิ้มแจ่ว ซอสเทอริยากิ ซอสพริกไทยดำ แกงเขียวหวาน แกงแดง เป็นต้น ก่อตั้งขึ้นเมื่อพ.ศ. 2543 ด้วยเงินลงทุน 20,000,000 บาท ตั้งอยู่ ณ ตำบลคลองสาม อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โรงงานเปิดทำการวันจันทร์ – เสาร์ เวลา 8:00 – 17:00 น. มีพนักงานประมาณ 221 คน โดยมีโรงงานผลิต 2 โรงงาน คือ โรงงาน 1 ผลิตสินค้าจำพวกน้ำจิ้มและซอสปรุงรส และโรงงาน 2 ผลิตสินค้าจำพวกพริกแกง งานวิจัยนี้สนใจศึกษาโรงงานกรณีศึกษา 1 ที่ผลิตสินค้าจำพวกน้ำจิ้มและซอสปรุงรส

1.1.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์

โรงงานกรณีศึกษาผลิตสินค้าโดยแบ่งเป็น 3 จำพวกสินค้า ตามลักษณะการนำสินค้าไปบริโภค ดังนี้

1. Sweet Chili Sauce คือ ผลิตภัณฑ์จำพวกน้ำจิ้มไก่ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Sweet Chili Sauce

Chulalongkorn University

2. Dipping Sauce คือ ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มที่ใช้จิ้มเพื่อเพิ่มรสชาติอาหาร เช่น น้ำจิ้มแจ่ว น้ำจิ้มซีฟู้ด น้ำจิ้มบ๊วย น้ำจิ้มปอเปี๊ยะ ซอสพริก ซอสมะเขือเทศ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Dipping Sauce

3. Stir Fry Sauce คือ ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มที่ใช้ในการประกอบอาหาร เช่น น้ำจิ้มสุกี้ ซอสหอยนางรม ซอสผัดไท ซอสพริกไทยดำ ซอสเทอริยากิ ซอสสปาเก็ตตี้ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1.3

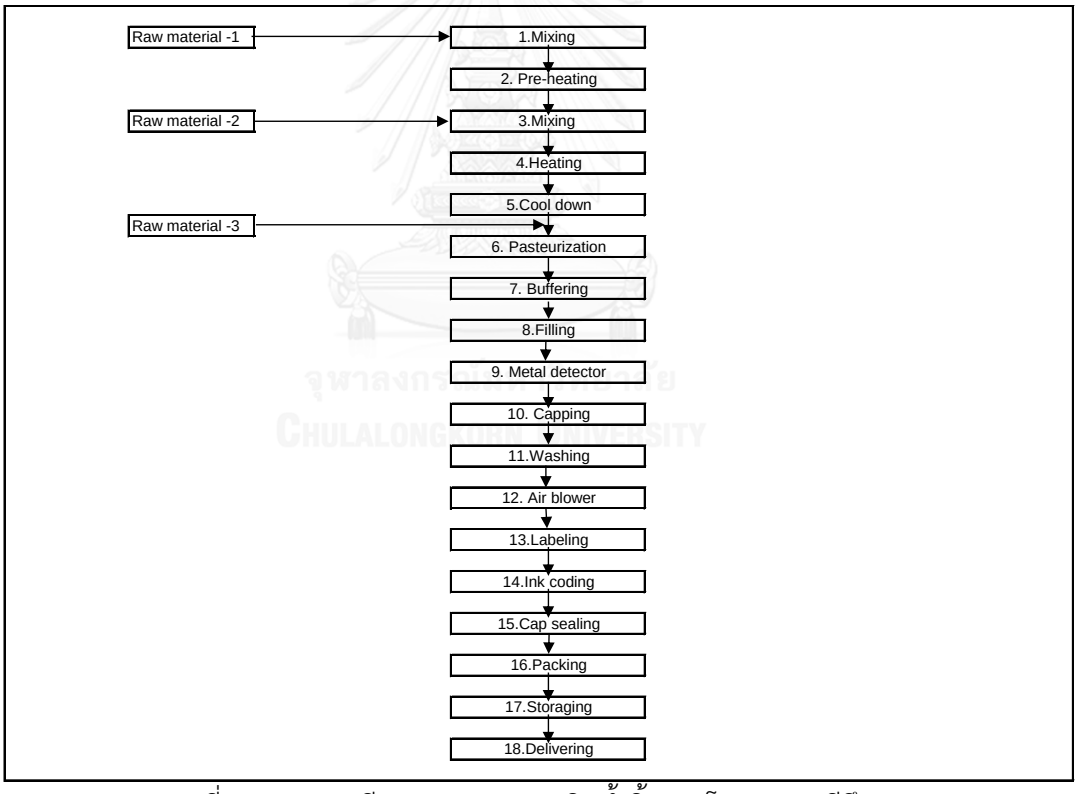
รูปที่ 1.3 ผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Stir Fry Sauce

1.1.2 กระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษาใช้เครื่องจักรและแรงงานมนุษย์เป็นหลักในกระบวนการผลิต มีผู้ปฏิบัติงานคอยควบคุมการทำงานของเครื่องจักร โดยแบ่งกระบวนการผลิตตามประเภทภาชนะที่ใช้ในการบรรจุได้เป็น 2 รูปแบบ คือ 1. กระบวนการผลิตน้ำจิ้มชนิดขวดแก้ว 2. กระบวนการผลิตน้ำจิ้มชนิดขวดพลาสติกและแกลลอนพลาสติก มีขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำจิ้มดังรูปที่ 1.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. Mixing ผสมวัตถุดิบ Raw material-1 ผ่านเครื่องผสมลงในถังเตรียมน้ำเชื่อม (Syrup tank)
2. Pre-heating ให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำเชื่อม เพื่อละลายส่วนผสมเข้าด้วยกัน จากนั้นปั๊มน้ำเชื่อมไปยังถังผสม (Mixing tank)
3. Mixing ผสมวัตถุดิบ Raw material-2 ในถังผสม (Mixing tank) เปิดใบพัดกวนให้ส่วนผสมเข้ากัน
4. Heating ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตามเวลาที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์
5. Cool down ลดอุณหภูมิซอสลงมาจนได้อุณหภูมิที่เหมาะสม ก่อนเติมน้ำแป้ง
6. Pasteurization ให้ความร้อนเพื่อทำการฆ่าเชื้อ โดยคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส และเวลาตามที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยเปิดใบพัดกวน
7. Buffering พักผลิตภัณฑ์ในถังพัก (Buffer tank) เพื่อรอบรรจุ โดยควบคุมอุณหภูมิซอสขณะบรรจุ และ/หรือ เปิดใบพัดกวนเพื่อช่วยกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง
8. Filling บรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุขนาดต่างๆ โดยมีการปรับความเร็วและปริมาตรการบรรจุให้เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์และควบคุมอุณหภูมิในการบรรจุ
9. Metal detector เป็นขั้นตอนในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของเศษโลหะที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ ก่อนเข้าสู่กระบวนการปิดฝา

10. Capping ปิดฝาขวดด้วยเครื่องปิดฝาภายหลังจากผ่านเครื่อง metal detector
11. Washing หลังจากปิดฝาแล้ว นำมาผ่านการฉีดพ่นน้ำให้ทั่วตัวขวด เพื่อทำการล้างภายนอกตัวขวดและฝาให้สะอาด
12. Air blower เป่าลมร้อนจาก Air knife (เครื่องเป่าลม) เพื่อทำให้น้ำที่เกาะติดที่ผิวขวดแห้ง
13. Labeling ติดฉลากบรรจุภัณฑ์
14. Ink coding พิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์
15. Cap sealing ทำการหุ้มฝาโดยใช้ shrink film
16. Packing บรรจุสินค้าลงกล่อง
17. Storaging จัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า
18. Delivering ขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกในสภาพอุณหภูมิปกติ



รูปที่ 1.4 รายละเอียดกระบวนการผลิตน้ำจิ้มของโรงงานกรณีศึกษา

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยปรุงรสและเพิ่มรสชาติของอาหารให้มีรสชาติอร่อยถูกปากผู้บริโภค น้ำจิ้มจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งในการประกอบอาหาร อุตสาหกรรมการผลิต

น้ำจิ้มจึงมีการการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง และส่งผลให้มีการแข่งขันทางการค้าสูงมากขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตจึงต้องผลิตสินค้าให้มีคุณภาพ เพื่อให้ได้ส่วนแบ่งทางการตลาดที่มากขึ้น โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อยอดขาย ได้แก่ รสชาติสินค้า ราคาสินค้า ลักษณะปรากฏของสินค้า ตราสัญลักษณ์ของสินค้า และที่สำคัญคือ คุณภาพของสินค้า ซึ่งคุณภาพของสินค้าขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต และการควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่ดีในการผลิตอาหาร ทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยอาศัยกลยุทธ์ในการผลิตสินค้าให้มีคุณภาพ โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ลดความสูญเสียต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และเพิ่มผลผลิตให้ทันเวลาและเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

ปัจจุบันโรงงานมีการผลิตน้ำจิ้มโดยเฉลี่ย 420 ตันต่อเดือน หรือ 14 ตันต่อวัน โดยแบ่งประเภทขวดตามไลน์การผลิตดังนี้

ไลน์ผลิตที่ 1 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Machine) มี 12 หัวบรรจุ ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ขวดแก้วทุกขนาด ได้แก่ ขวดแก้วขนาด 100 มล. ขวดแก้วขนาด 150 มล. ขวดแก้วขนาด 200 มล. ขวดแก้วขนาด 250 มล. ขวดแก้วขนาด 300 มล. ขวดแก้วขนาด 500 มล. ขวดแก้วขนาด 700 มล. และขวดแก้วขนาด 730 มล.

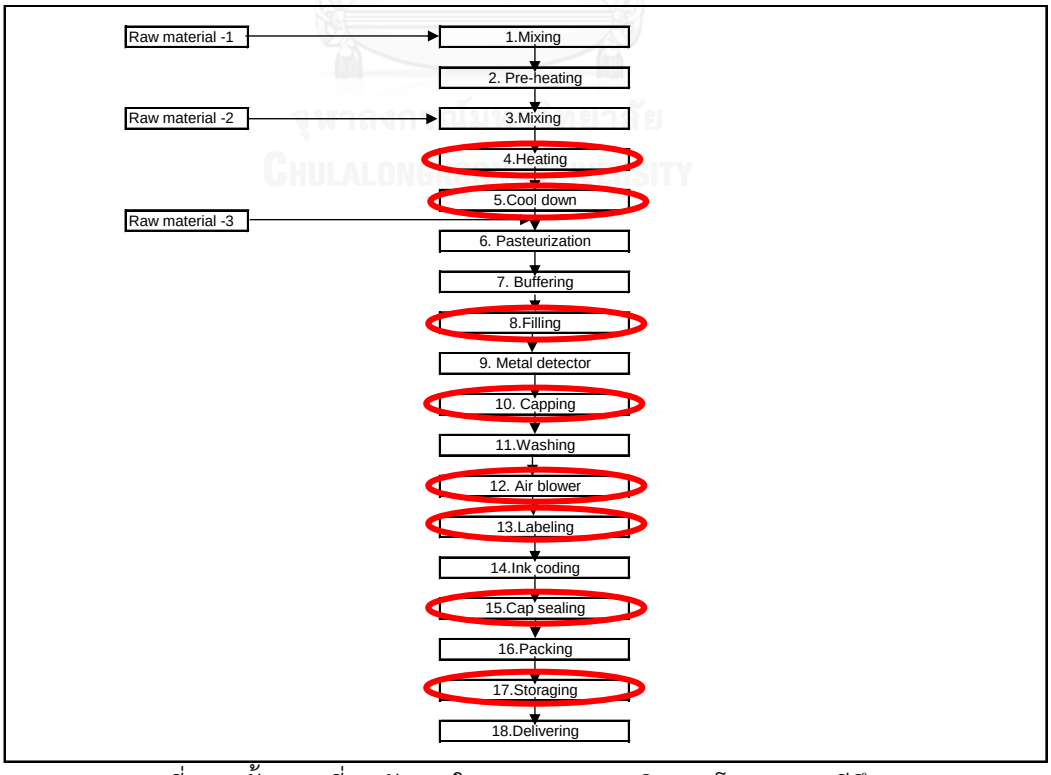
ไลน์ผลิตที่ 2 ผลิตโดยใช้เครื่องจักรอัตโนมัติ (Auto Machine) มี 16 หัวบรรจุ ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ขวดแก้วบางขนาด ได้แก่ ขวดแก้วขนาด 100 มล. ขวดแก้วขนาด 150 มล. ขวดแก้วขนาด 200 มล. ขวดแก้วขนาด 250 มล. ขวดแก้วขนาด 300 มล.

จากการศึกษาสภาพการทำงานของโรงงานกรณีศึกษาและการสัมภาษณ์พนักงานในสายการผลิต ทำให้เห็นถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในไลน์การผลิต ดังแสดงในรูปที่1.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มในแต่ละเดือนน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียรายได้และสูญเสียเวลาที่ต้องผลิตชดเชย
2. ในกระบวนการบรรจุเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เนื่องจากในกระบวนการบรรจุหัวบรรจุแต่ละหัวบรรจุให้น้ำหนักน้ำจิ้มออกมาไม่เท่ากัน ส่งผลให้ต้องใช้พนักงานในการคัดกรองสินค้าอย่างน้อย 1 คน
3. ในกระบวนการปิดฝาเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เวลา และต้นทุนในการผลิต เนื่องจากเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการปิดฝา ส่งผลให้ต้องใช้พนักงาน 1 – 2 คน ในการคัดกรองสินค้า เสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 15 – 60 นาทีต่อการหยุดซ่อมเครื่องปิดฝาในแต่ละครั้ง และเกิดของเสียในกระบวนการปิดฝาคิดเป็น 2 – 6%

Chulalongkorn University

4. ในกระบวนการเป่าลมร้อนเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เนื่องจากต้องใช้พนักงานอย่างน้อย 1 คน ในการยืนเช็ดขวดให้หยดน้ำแห้ง แสดงให้เห็นถึงการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพของ Air knife (เครื่องเป่าลม)
5. ในกระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์เกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เวลา และต้นทุนในการผลิต เนื่องจากเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์ ส่งผลให้ต้องใช้พนักงาน 1 – 2 คน ในการคัดกรองสินค้า เสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร 10 – 30 นาทีต่อการหยุดซ่อมเครื่องติดฉลากในแต่ละครั้ง และเกิดของเสียในกระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์คิดเป็น 0.5 – 1%
6. ในกระบวนการหุ้มฝาโดยใช้ shrink film เกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เนื่องจากต้องใช้พนักงาน 2 – 3 คนต่อหนึ่งหม้อการบรรจุ ในการสวม shrink film
7. พื้นที่ของคลังสินค้าไม่เพียงพอ ทำให้สินค้าหรือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตปะปนกัน ส่งผลให้เสียเวลาในการค้นหาบรรจุภัณฑ์หรือสินค้า และเสียเวลาและต้นทุนที่สูญเปล่าในการเคลื่อนย้ายบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าที่ไม่จำเป็น



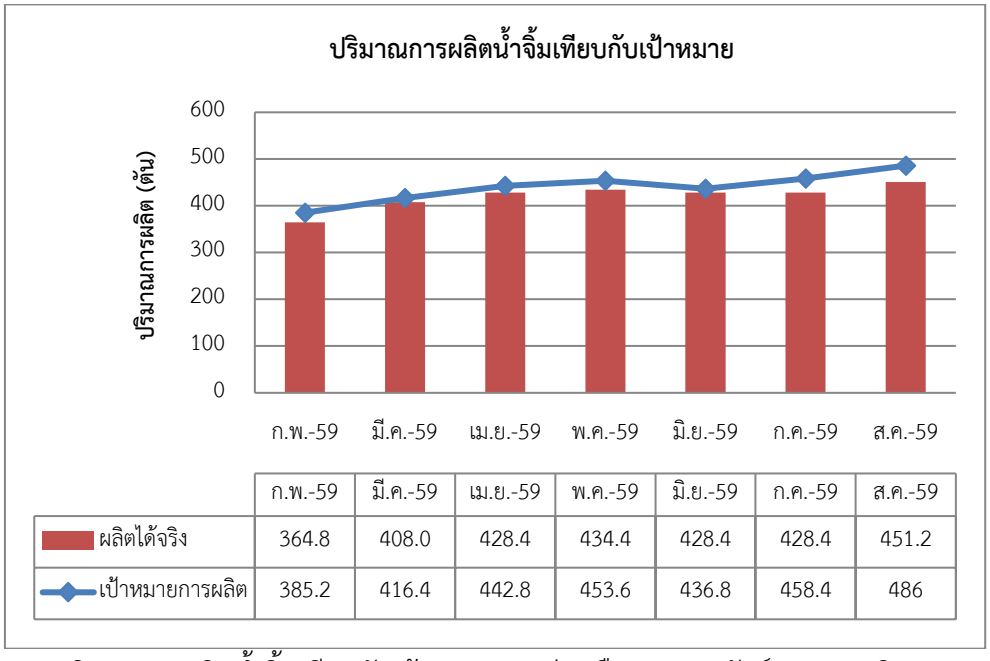
รูปที่ 1.5 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

จากปัญหาที่กล่าวมาสามารถสรุปปัญหาและแนวทางแก้ไข ได้ดังแสดงในตารางที่1.4

ตารางที่ 1.4 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไขของโรงงานกรณีศึกษา

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
1. ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มในแต่ละเดือนน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียรายได้และสูญเสียเวลาที่ต้องผลิตชดเชย	เก็บข้อมูล เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต และหาแนวทางแก้ไขในการลดเวลาสูญเสีย
2. ในกระบวนการบรรจุเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เนื่องจากในกระบวนการบรรจุหัวบรรจุแต่ละหัวบรรจุให้น้ำหนักน้ำจิ้มออกมาไม่เท่ากัน	พัฒนาแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรและปฏิบัติตามแผน ร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไข รวมถึงเปลี่ยนอะไหล่บางตัวที่ชำรุด
3. ในกระบวนการปิดฝาเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เวลา และต้นทุนในการผลิต เนื่องจากเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการปิดฝา เสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร	สร้างทีมงานเพื่อช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้น พัฒนาแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ รวมถึงเปลี่ยนอะไหล่บางตัวที่ชำรุด
4. ในกระบวนการเป่าลมร้อนเกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน แสดงให้เห็นถึงการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพของ Air knife (เครื่องเป่าลม)	วิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการแก้ไข โดยคำนวณความแรงลมที่ต้องใช้ในการเป่า และทำการปรับปรุงเครื่องมือตามข้อกำหนด
5. ในกระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์เกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน เวลา และต้นทุนในการผลิต เนื่องจากเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์ เสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร	สร้างทีมงานเพื่อช่วยกันวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางในการลดของเสียที่เกิดขึ้น พัฒนาแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้
6. ในกระบวนการหุ้มฝาโดยใช้ shrink film เกิดการสูญเสียทรัพยากรแรงงาน ในการสวม shrink film	นำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคน
7. พื้นที่ของคลังสินค้าไม่เพียงพอ ทำให้สินค้าหรือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตปะปนกัน ส่งผลให้เสียเวลาในการค้นหาบรรจุภัณฑ์หรือสินค้า และเสียเวลาและต้นทุนที่สูญเปล่าในการเคลื่อนย้าย	แบ่งพื้นที่การจัดเก็บสินค้าให้ชัดเจน มีการทำป้ายสถานะติดไว้ จัดเก็บและใช้ผลิตภัณฑ์ตามหลักFIFO (First in first out)

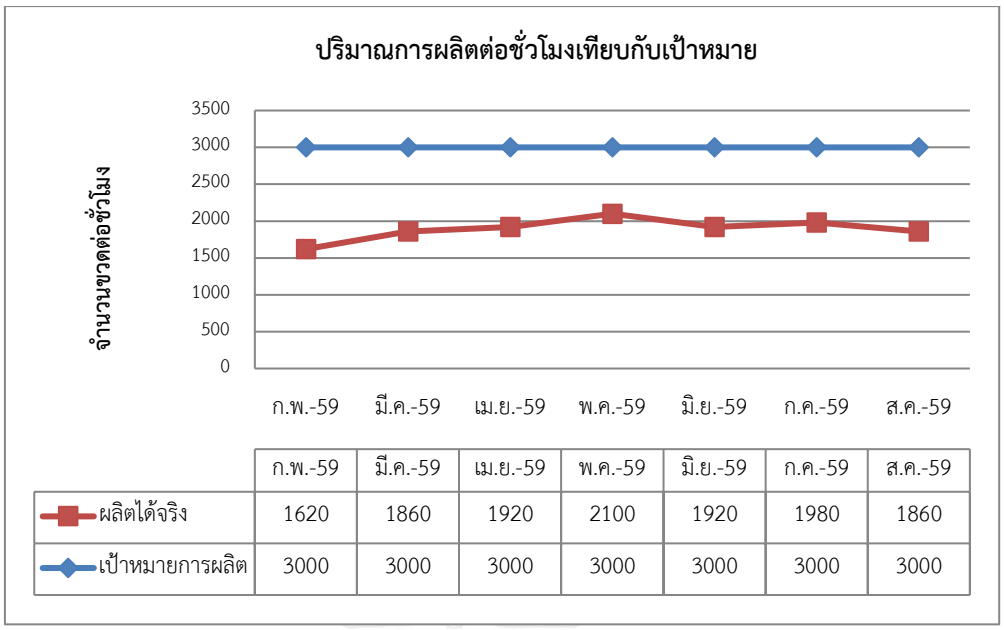
จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น โรงงานกรณีศึกษามีแนวทางและกำลังดำเนินการในการแก้ปัญหาทางด้านเครื่องจักรในกระบวนการผลิต(ข้อ 2 - 6) โดยทำการปรับปรุง ซ่อมแซม เปลี่ยนอุปกรณ์หรือเครื่องจักรใหม่ทดแทน พัฒนาแผนบำรุงรักษาเครื่องจักรและปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เพื่อให้แก้ปัญหาได้อย่างยั่งยืน ส่วนปัญหาทางด้านคลังสินค้าข้อ 7 คือ พื้นที่ของคลังสินค้าไม่เพียงพอ ทางโรงงานกรณีศึกษากำลังดำเนินการก่อสร้างคลังสินค้าใหม่เพื่อตอบสนองต่อกำลังการผลิตที่มากขึ้นและแก้ปัญหาพื้นที่จัดเก็บสินค้าอย่างยั่งยืน ส่วนปัญหาทางด้านกระบวนการผลิตข้อ 1 คือ ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มในแต่ละเดือนน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ ดังแสดงในรูปที่ 1.6 โรงงานกรณีศึกษายังไม่มีแนวทางในการลดและแก้ไขปัญหาดังกล่าว



	ก.พ.-59	มี.ค.-59	เม.ย.-59	พ.ค.-59	มิ.ย.-59	ก.ค.-59	ส.ค.-59
ผลิตได้จริง	364.8	408.0	428.4	434.4	428.4	428.4	451.2
เป้าหมายการผลิต	385.2	416.4	442.8	453.6	436.8	458.4	486

รูปที่ 1.6 ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเทียบกับเป้าหมายระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559

จากข้อมูลการผลิตเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตน้ำจิ้มระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 มีปริมาณการผลิตน้ำจิ้มต่ำกว่าเป้าหมายการผลิตทุกเดือน ทำให้ไม่สามารถจัดส่งสินค้าบางผลิตภัณฑ์ได้ตามกำหนดเวลา และอาจส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์ของบริษัท



	ก.พ.-59	มี.ค.-59	เม.ย.-59	พ.ค.-59	มิ.ย.-59	ก.ค.-59	ส.ค.-59
ผลิตได้จริง	1620	1860	1920	2100	1920	1980	1860
เป้าหมายการผลิต	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

รูปที่ 1.7 ปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงเทียบกับเป้าหมาย ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559

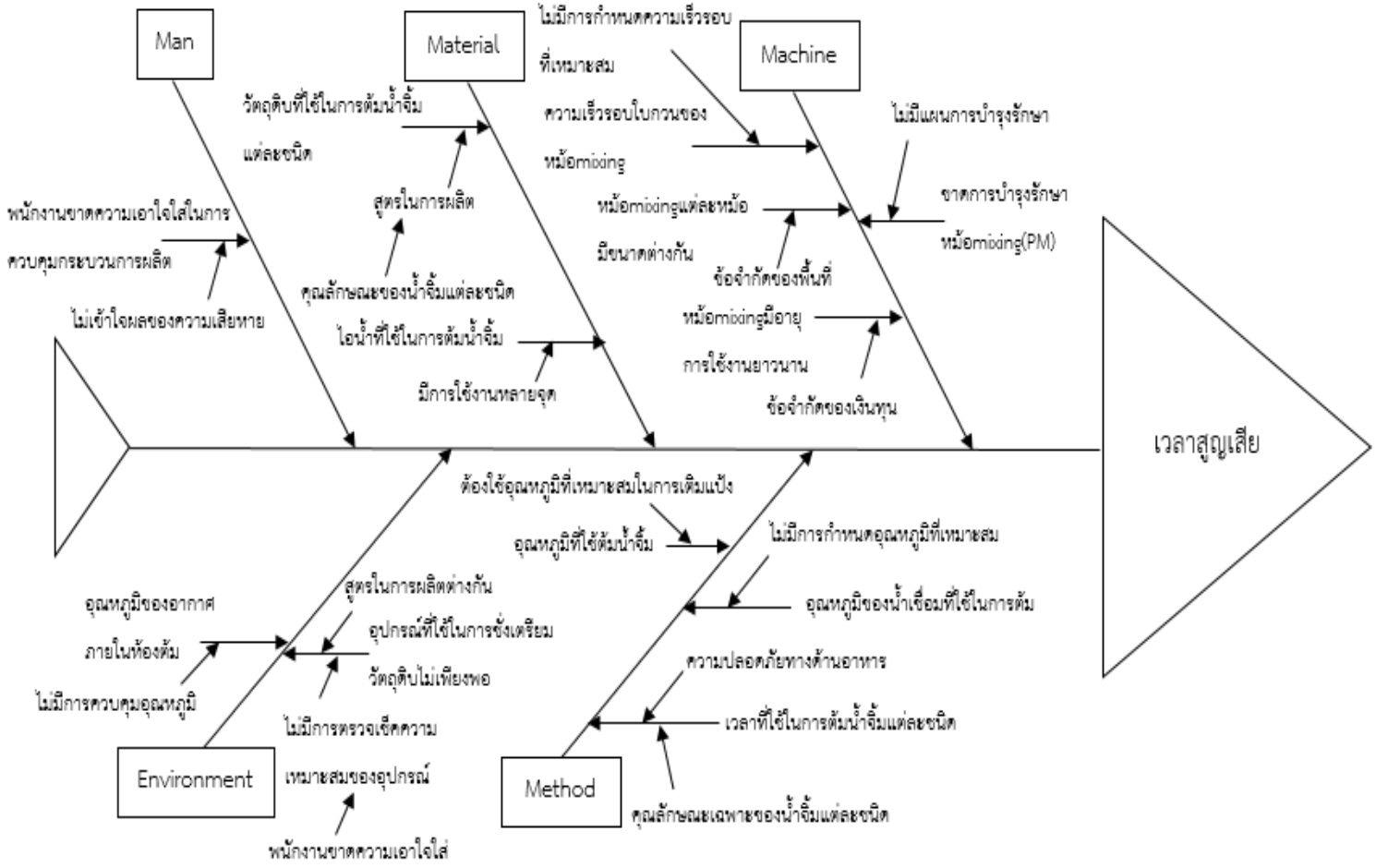
จากรูปที่ 1.7 จะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตน้อยกว่าเป้าหมายในทุกเดือน ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำแนวทางของซิกซ์ ซิกมา มาใช้หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างยั่งยืน โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้หลักการ 4M1E ซึ่งสามารถจำแนกกลุ่มปัจจัยและสาเหตุของปัญหาได้ดังแสดงในตารางที่1.5

ตารางที่ 1.5 สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

กลุ่มปัจจัย	ลำดับ	สาเหตุ
Man	1	พนักงานขาดความเอาใจใส่ในการควบคุมกระบวนการผลิต
Machine	1	หม้อ mixing แต่ละหม้อมีขนาดต่างกัน
	2	หม้อ mixing มีอายุการใช้งานยาวนาน
	3	ขาดการบำรุงรักษาหม้อ mixing (PM)
	4	ความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing
Material	1	วัตถุดิบที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด
	2	ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม
Method	1	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด
	2	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม
	3	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม
Environment	1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งเตรียมวัตถุดิบไม่เพียงพอ
	2	อุณหภูมิของอากาศภายในห้องต้ม

ซึ่งสามารถเขียนเป็นแผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) ได้ดังรูปที่ 1.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.8 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยนำแนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา มาประยุกต์ใช้

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงและลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยศึกษารายละเอียด วิธีการและขั้นตอนในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21
2. ประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์ลีนและซิกซ์ซิกมาในการวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาและแนวทางในการแก้ปัญหา โดยไม่ทำให้คุณสมบัติและข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย อาศัยหลักการของซิกซ์ ซิกมา โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนดังนี้

1. การนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) ในขั้นตอนนี้จะระบุสภาพปัญหาที่จะทำการแก้ไข ขอบเขต วัตถุประสงค์ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งกำหนดทีมงานในการปรับปรุงและแผนการดำเนินงาน
    - ศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาปัจจุบันที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
    - ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับลีนและซิกซ์ ซิกมา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ปรับปรุงและลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
    - จัดตั้งทีมงานสำหรับการปรับปรุงคุณภาพในโรงงาน ซึ่งประกอบด้วย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายผลิต ฝ่ายวางแผนการผลิต เพื่อระดมสมองหาปัญหา สาเหตุ และแนวทางในการลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

2. การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase) ในขั้นตอนนี้จะมีการเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพปัญหา และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา ก่อนที่จะเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดให้ค่าที่น่าเชื่อถือ
    - ทำการบันทึกและเก็บข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการผลิต
    - นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มาวิเคราะห์ และสรุปผลเบื้องต้น เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
3. การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase) ในขั้นตอนนี้จะวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าที่มีนัยสำคัญต่อปัญหา หลังจากที่ได้กำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาแล้ว จะมีการกรองจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยก่อนที่จะนำไปทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุหรือปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อปัญหา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนนี้จะมีการออกแบบการทดลอง เก็บผลการทดลอง และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติ
    - ระดมสมองเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าที่เป็นไปได้ของปัญหา โดยให้พนักงานแต่ละคนแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระ และสร้างเป็นแผนผังก้างปลา
    - หาข้อสรุปสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยใช้การทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ
4. การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase) ในขั้นตอนนี้หลังจากทราบสาเหตุหรือปัจจัยที่มีนัยสำคัญของปัญหาแล้ว จะทำการแก้ไขหรือปรับปรุงสาเหตุนั้น โดยทำการออกแบบและทำการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ให้ผลดีที่สุดมาประกอบการตัดสินใจ จากนั้นทำการเก็บผลลัพธ์หลังการปรับปรุง เพื่อยืนยันว่าผลที่ได้หลังการปรับปรุงดีขึ้นตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้
    - ออกแบบการทดลองโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ เช่น DOE จากนั้นทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาขั้นตอนที่มีผลต่อเวลาสูญเสียมากที่สุด

- ปรับปรุงขั้นตอนที่มีผลเพื่อให้เกิดเวลาสูญเสียน้อยที่สุด และทำการเก็บข้อมูลหลังการปรับปรุง โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้ก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อยืนยันผลที่ได้หลังการปรับปรุง

5. การควบคุมกระบวนการ (Control Phase) หลังจากที่ได้วิธีการปรับปรุงแล้ว ในขั้นตอนนี้จะจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา รวมทั้งแผนควบคุมซึ่งจะระบุถึงสิ่งที่ต้องควบคุมและเครื่องมือ วิธีการในการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุงจะอยู่อย่างยั่งยืน
    - กำหนดแผนการควบคุม เช่น spec , parameter และจัดทำมาตรฐานวิธีการทำงานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มปริมาณผลผลิตในกระบวนการผลิต
2. ลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินงานตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ถึงเดือน เมษายน 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 1.6 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย											
		2559						2560					
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1	ศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาโรงงานกรณีศึกษา	←	→										
2	ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง		←	—	→								
3	ศึกษาสภาพการทำงานปัจจุบัน				←	→							
4	วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาข้อสรุปสาเหตุและปัจจัย					←	→						
5	ออกแบบการทดลองเพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการ					←	—	→					
6	ตรวจสอบผลหลังการปรับปรุง							←	—	→			
7	จัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน									←	→		
8	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ										←	→	
9	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์											←	→

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำแนวทางของลีน ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

2.1 ลีน (Lean)

2.1.1 ความหมายของลีนและระบบการผลิตแบบลีน

ลีน (เกียรติขจร โฆมานะสิน 2550) แปลว่าผอมหรือบาง ถ้าเปรียบกับองค์กรจะหมายถึงองค์กรที่ดำเนินการโดยปราศจากความสูญเปล่าในทุกๆ กระบวนการ มีความสามารถในการปรับตัวตอบสนองความต้องการของตลาดได้ทันท่วงที และมีประสิทธิภาพเหนือคู่แข่ง

การผลิตแบบลีน คือ ปรัชญาการบริหารการดำเนินงานและการปฏิบัติการโดยมุ่งเน้นการลดการใช้ทรัพยากรทั้งหมดให้มีจำนวนน้อยลง รวมทั้งเวลา และการกำจัดความสูญเปล่าในการผลิตโดยรักษาระดับสินค้าคงคลัง (inventory) ให้มีปริมาณที่น้อย ใช้พนักงานน้อย ลดจำนวนซัพพลายเออร์ และลดความผันแปรภายใน (Verma 2008)

2.1.2 ความเป็นมาของระบบการผลิตแบบลีน

ระบบลีน (เกียรติขจร โฆมานะสิน 2550) กำเนิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ ในอดีตการผลิตสินค้าต่างๆ รวมทั้งรถยนต์มีลักษณะเป็นแบบงานหัตถกรรมหรืองานฝีมือ (Craft/Hand made Production) ไม่มีสายการผลิต ผู้ผลิตส่วนใหญ่จะดำเนินการผลิตโดยอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยค่อนข้างสูง ต่อมาในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 Henry Ford ผู้ก่อตั้งบริษัท Ford Motor ได้นำเอาหลักการจัดการแบบวิทยาศาสตร์ของ Frederick W. Taylor มาใช้ร่วมกับหลักการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวของ Frank & Lillian Gilbreth และริเริ่มแนวคิดในการสร้างสายการผลิตให้มีลักษณะคล้ายกับการไหลของสายน้ำ โดยถือว่าทุกสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนไหวในกระบวนการคือความสูญเปล่า ต้องขจัดให้หมดไป และนำเอานวัตกรรมระบบสายพานลำเลียงมาใช้ในสายการประกอบรถยนต์ของบริษัท โดยใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถเปลี่ยนแทนกันได้ ทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลง จากวิธีการดังกล่าวชิ้นส่วนและวัตถุดิบจะถูกผลิตขึ้นและส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป โดยไม่ได้พิจารณาถึงความต้องการเช่นเดียวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูป จึงเรียกระบบดังกล่าวว่า “ระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณ”

(Mass Production) คือ ผลิตแบบปริมาณมาก รุ่นการผลิตมีขนาดใหญ่ เพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะในส่วนของต้นทุนทางอ้อมต่อหน่วยให้ต่ำลง

หลายปีต่อมาจากความสำเร็จของบริษัท Ford, Eiji Toyoda และ Taiichi Ohno ผู้บริหารของบริษัท Toyota พยายามนำแนวคิดของ Ford ไปปรับปรุงระบบการผลิตของบริษัทตนที่ประเทศญี่ปุ่น แต่พวกเขาพบว่าสภาพของบริษัทไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน เนื่องจากในขณะนั้นประเทศญี่ปุ่นอยู่ในสภาพหลังสงคราม ปัจจัยการผลิตต่างๆ และเงินทุนมีจำกัด ทำให้ไม่สามารถลงทุนสร้างระบบการผลิตที่เน้นปริมาณตามแบบอย่างของFord นอกจากนั้นตลาดรถยนต์ของญี่ปุ่นมีขนาดเล็กและความต้องการของลูกค้ามีหลากหลาย การผลิตสินค้าชนิดเดียวในปริมาณมากๆ จึงไม่เหมาะสม พวกเขาและทีมงานของบริษัทจึงร่วมกันพัฒนาระบบการผลิตขึ้นจากประสบการณ์ โดยเริ่มต้นจากการค้นหาและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับปฏิบัติการ การนำข้อเสนอแนะ การปรับปรุงงานที่ได้จากพนักงานมาทดลองปฏิบัติ และประยุกต์แนวคิดของระบบซุปเปอร์มาเก็ตหรือระบบดึง มาสร้างระบบการผลิตที่เรียกว่าระบบการผลิตแบบ Toyota (Toyota Production System : TPS) หรือที่รู้จักกันดีในชื่อของระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time Production System : JIT) ซึ่งมีหลักการสำคัญ คือ การผลิตเฉพาะสินค้าหรือชิ้นส่วนที่จำเป็น ตามปริมาณที่ต้องการ ภายในเวลาที่ต้องการ โดยมุ่งเน้นการกำจัดความสูญเปล่า (Waste/Muda) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน และให้ความสำคัญทางด้านคุณภาพควบคู่กันไปด้วย

Shigeo Shingo ที่ปรึกษาของบริษัท Toyota กล่าวว่า “ระบบการผลิตแบบ Toyota ไม่ใช่ระบบที่มีแนวคิดขัดแย้งกับระบบการผลิตของ Ford แต่เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สอดประสานกับสภาพตลาดของประเทศญี่ปุ่นโดยมุ่งทำการผลิตจำนวนมาก ด้วยขนาดรุ่นการผลิตที่เล็ก และมีระดับสินค้าคงคลังต่ำ” ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าผู้ริเริ่มแนวคิดของระบบLean คือ Henry Ford แต่ผู้นำแนวคิดมาประยุกต์ใช้จนเกิดผลลัพธ์เป็นรูปธรรมก็คือบริษัท Toyota หรืออีกนัยหนึ่งระบบการผลิตแบบ Toyota ก็คือวิธีปฏิบัติที่เป็นเลิศของระบบLean นั่นเอง

จากที่อธิบายมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าระบบการผลิตแบบลีน เป็นระบบที่มุ่งเน้นการสร้างความคุ้มค่าของต้นทุนการผลิต โดยพยายามลดความสูญเปล่าในการผลิต ลดการใช้ทรัพยากรทั้งหมดให้มีจำนวนน้อยลง รวมถึงเวลา (Swink 2011) ดังนั้นความสูญเปล่า (Waste) จึงเป็นศัตรูตัวสำคัญของระบบการผลิตแบบลีน (วิโรจน์ ลักขณาอดิศร 2552) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการหนึ่งจะประกอบด้วยงาน 3 ประเภท คือ

1. งานที่มีคุณค่า (Value Added Task) เป็นงานหรือกิจกรรมในกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ เช่น การกลึง การหล่อ การประกอบ เป็นต้น ซึ่งส่วนมากหากวิเคราะห์งานทั้งหมดในกระบวนการโดยการจับเวลาแล้ว จะพบว่างานที่มีคุณค่าจะมีอยู่ประมาณ 5 – 10% ของเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานทั้งหมด

2. งานที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Non Value Added Task but Necessary) เป็นงานที่ไม่เกี่ยวกับการแปรรูปวัตถุดิบหรืองานระหว่างทำ (Work In Process : WIP) ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ แต่จำเป็นต้องทำเพื่อเตรียมการในการแปรรูปหรือผลิต เช่น การเตรียมวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ (Preparation) การติดตั้งอุปกรณ์ (Job Setting) การบำรุงรักษาที่ต้องหยุดการเดินเครื่อง (Breakdown Maintenance) การตั้งอุปกรณ์ใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิต (Changeover) การปรับแต่ง (Adjusting) การตรวจนับ (Counting) การขนส่งหรือขนย้ายวัสดุ (Transportation) การตรวจสอบคุณภาพ (Inspection) เป็นต้น ระบบการผลิตแบบลีนได้แนะนำให้ลดเวลาในการทำกิจกรรมหรืองานที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำเหล่านี้ให้เหลือน้อยที่สุด โดยการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์หรือโครงสร้างพื้นฐานในการทำงาน หรือหากมีความคุ้มค่าในการลงทุนอาจจะติดตั้งระบบอัตโนมัติเข้ามาสนับสนุนการปฏิบัติงาน ซึ่งหากวิเคราะห์งานที่ไม่มีคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำจากเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด พบว่ามีสัดส่วนประมาณ 50 – 60% ของเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด

3. งานที่ไม่มีคุณค่าและไม่มีความจำเป็นต้องทำ (Non Value Added Task) เป็นงานที่ไม่เกี่ยวกับการแปรรูปวัตถุดิบหรืองานระหว่างทำให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ และไม่มีความจำเป็นต้องทำงาน ซึ่งมีสัดส่วนประมาณ 30 – 40% ของเวลาในการปฏิบัติงานทั้งหมด โดยส่วนมากงานประเภทนี้มักจะเป็นเวลาที่ต้องเสียไปกับการรอคอย (Waiting Time หรือ Idle Time) การดำเนินการต่างๆ กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คุณภาพ เช่น การตรวจสอบซ้ำ (Recheck) การซ่อมแซมแก้ไข (Rework) ซึ่งขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้ไม่มีคุณค่าใดๆ เลย

2.1.3 ความสูญเปล่า 7 ประการ

ความสูญเปล่าจากการผลิตไม่สามารถขจัดออกไปให้หมดได้ แต่สามารถลดให้เหลือน้อยที่สุดได้ (ปรียาวดี ผลเอนก 2556) โดยโรงงานโตโยต้า ผู้ผลิตรถยนต์ค่ายญี่ปุ่นรายใหญ่ได้กำหนดความสูญเปล่าไว้ 7 ประการ ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม คือ

1. ความสูญเปล่าจากการผลิตของเสีย (product defects)

ของเสียจากการผลิต (scrap) คือ สินค้าหรือชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตออกมาไม่ตรงกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ รวมถึงชิ้นส่วนหรือสินค้าที่ชำรุด การจัดการของเสียจากการผลิตก่อให้เกิดงานที่ไม่มีคุณค่าและก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย ดังนั้นการขจัดของเสียจากการผลิตควรจะทำของเสียให้เหลือศูนย์ (zero defects) โดยใช้วิธีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง

2. ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินความจำเป็น (overproduction waste)

ความสูญเปล่าชนิดนี้เกิดจากการผลิตที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า เช่น การผลิตเพื่อ สต๊อกสินค้าเอาไว้หรือการผลิตโดยมีการเผื่อสต๊อกเอาไว้เพื่อรองรับกรณีมีของเสียเกิดขึ้น ซึ่งการผลิตมากเกินไปจะก่อให้เกิดผลเสียดังต่อไปนี้

- ทำให้เกิดต้นทุนในการเก็บรักษาและการขนย้ายสินค้าหรืองานระหว่างทำ เช่น ค่าเช่าคลังสินค้า ค่าขนส่ง เป็นต้น
- มีความเสี่ยงในการเกิด Dead Stock หรือการที่ไม่สามารถขายสินค้าที่ผลิตเอาไว้ได้ทั้งหมด
- หากเกิดข้อบกพร่องขึ้นบางรุ่นการผลิตของผลิตภัณฑ์ องค์กรจะต้องซ่อมแซมแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายให้กับลูกค้าไปแล้ว ยังต้องเสียเวลาในการซ่อมแซมแก้ไขผลิตภัณฑ์ที่เก็บไว้ในคลังสินค้าด้วย
- การผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาเป็นจำนวนมาก ทำให้องค์กรไม่มีความคล่องตัวในการปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่เกิดขึ้น เช่น หากมีสินค้ารุ่นเก่าในคลังสินค้าเป็นจำนวนมาก จะทำให้องค์กรไม่กล้าลงทุนในการวิจัยและพัฒนาและผลิตสินค้ารุ่นใหม่ออกมาจำหน่ายแข่งขันกับคู่แข่ง
- หากบางครั้งมีความจำเป็นต้องผลิตสินค้าไว้คราวละมากๆ อันเนื่องจากต้องมีการสำรองผลิตภัณฑ์ไว้สำหรับเปลี่ยนให้กับลูกค้าในกรณีที่ลูกค้าเคลมสินค้า เท่ากับว่าองค์กรกำลังแก้ไขปัญหาคุณภาพโดยการเพิ่มต้นทุนการผลิต ซึ่งทำให้องค์กรมองข้ามการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ

ระบบการผลิตแบบลีนนั้นให้ความสำคัญกับการลดงานระหว่างทำ โดยไม่ให้มีงานระหว่างทำคงเหลือระหว่างกระบวนการ รวมทั้งหลีกเลี่ยงการผลิตเพื่อเก็บผลิตภัณฑ์ไว้เป็นสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก โดยมุ่งเน้นการวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค และปรับปรุงกระบวนการให้มีความยืดหยุ่นสูง เพื่อลดระยะเวลาในการรอคอยหลังการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า (Lead Time) ลง

3. ความสูญเปล่าจากการรอคอย (waste due to waiting)

งานระหว่างทำ (Work in Process : WIP) เป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงคุณภาพขององค์กร ผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เสร็จสมบูรณ์แต่ต้องรอชิ้นส่วนสำคัญมาประกอบเข้าด้วยกัน ทำให้ไม่สามารถนำส่ง

ผลิตภัณฑ์ได้ หรือสินค้าที่ต้องรอคิวเนื่องจากเครื่องจักรอุปกรณ์ไม่ว่าง รอเบิกวัสดุหรือวัตถุดิบในการผลิต มีงานระหว่างทำค้างอยู่ทำให้เกิดการรอคอยขึ้น เป็นต้น งานระหว่างทำนี้ก่อให้เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอย ซึ่งส่งผลทำให้ระยะนำส่งสินค้ายาว (long lead time) อาจทำให้วัตถุดิบและชิ้นส่วนประกอบหมดอายุหรือเสื่อมสภาพได้ ความสูญเปล่าจากการรอคอยนี้มีสาเหตุมาจากการวางแผนที่ไม่มีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการหยุดชะงักของคนงาน เครื่องจักร และวัตถุดิบ ดังนั้นจึงควรปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่ หรือวางผังกระบวนการและกระบวนการผลิตให้ไหลอย่างต่อเนื่อง

4. ความสูญเปล่าจากการมีสินค้าคงคลังมากเกินความจำเป็น (waste due to unnecessary stock)

การมีสินค้าคงคลังในปริมาณที่มากเกินความจำเป็นก่อให้เกิดความสูญเปล่า เนื่องจากสินค้าคงคลังเหล่านี้ต้องการพื้นที่จัดเก็บสินค้าขนาดใหญ่และต้องการการดูแลรักษา นอกจากนี้สินค้าคงคลังยังเป็นการเพิ่มระยะเวลานำในการผลิตพร้อมกับเป็นการลดความสามารถของบริษัทในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความต้องการสินค้าจากตลาด แนวทางการแก้ไข คือ การใช้ระบบการผลิตที่ทันเวลาพอดี (JIT) ในการจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อลดปริมาณสินค้าคงคลังให้เหลือน้อยที่สุด

5. ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนย้ายและขนย้ายที่ไม่จำเป็น (waste resulting from transportation)

ความสูญเปล่าชนิดนี้เกิดจากการรอคอยมีผลให้คุณค่าของผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากการเคลื่อนย้ายในสถานที่ผลิต คลังสินค้า และร้านค้าปลีก ตามแนวคิดการผลิตแบบลีนสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต เช่น โรงงาน คลังสินค้า และซัพพลายเออร์ควรจะอยู่ในทำเลที่ใกล้กัน นอกจากนี้สายการผลิตก็ควรจะอยู่ภายใต้หลังคาเดียวกัน คือ ควรออกแบบผังโรงงานให้สามารถเคลื่อนไหวไปได้ทุกที่อย่างสะดวก หากโรงงานไม่มีสายพานลำเลียง (conveyor) ในการเคลื่อนย้ายสินค้าหรือสินค้ากึ่งสำเร็จรูป โรงงานก็ควรจะเคลื่อนย้ายหรือขนย้ายสินค้าโดยใช้รถเข็น (trolley) หรือรถลาก (cart) ภายในระยะทางที่ไม่ไกลกันมากนัก

6. ความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ไม่มีประสิทธิภาพ (inefficient process)

ลีนมุ่งเน้นให้องค์กรมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เครื่องจักรควรทำการบำรุงรักษาให้ทำงานได้อย่างราบรื่นและมีการซ่อมบำรุงรักษาเพื่อขจัดความสูญเปล่า หากกระบวนการผลิตต้องหยุดชะงักเนื่องจากเครื่องจักรเสีย หมายความว่า โรงงานจะต้องสูญเสียเม็ดเงินจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรจัดเตรียมเครื่องมือที่เหมาะสม ไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ซึ่งสิ่งสำคัญที่สุดของระบบการผลิตแบบลีนก็คือ องค์กรต้องไม่กลัวการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสู่กระบวนการที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง

7. ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวร่างกายที่ไม่จำเป็น (waste resulting from movement)

มุ่งเน้นให้องค์กรต่างๆ จัดระเบียบการทำงาน ณ จุดทำงานให้เหมาะสมตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomics) พิจารณาว่าควรจะใช้เครื่องมืออะไรที่จะทำให้ร่างกายไม่เกิดความล้าในการทำงาน ควรจัดโต๊ะทำงาน ที่นั่ง ที่ยืน อย่างไร มีความสูงเท่าไหร่จึงจะพอเหมาะ ควรวางเครื่องมือ วัตถุดิบ และวัสดุสิ้นเปลืองไว้ที่ตำแหน่งใดที่จะทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวน้อยที่สุด เกิดความล้าน้อยที่สุดในการปฏิบัติงาน ซึ่งจะทำให้พนักงานสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.4 การขจัดความสูญเปล่า

ภายใต้กรอบแนวคิดของลีน กิจกรรมทั้งหมดจะต้องได้รับการประเมินอย่างระมัดระวัง เพื่อที่จะมั่นใจได้ว่ามีการส่งมอบคุณค่าให้ลูกค้าอย่างแท้จริง ซึ่งหมายความว่ากิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าควรจะถูกกำจัดออกไป ตามแนวคิดการผลิตแบบโตโยต้า ประเภทแห่งความสูญเปล่า (waste) ในระบบการผลิตนั้น เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า 3 MUs หรือ 3M แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (Verma 2008) คือ

1. Muda

Muda หมายถึง ความสูญเปล่า เป็นกิจกรรมที่ไม่มีคุณค่าอันก่อให้เกิดสินค้าหรือบริการที่ไม่มีคุณค่า ในที่นี้กำหนดจากมุมมองของลูกค้า ซึ่งกิจกรรมใดที่มีคุณค่าลูกค้าก็ยินดีและเต็มใจที่จะจ่าย

2. Mura

ความไม่สม่ำเสมอของกระบวนการผลิต เป็นอุปสรรคสำคัญในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ระบบการบริหารสินค้าคงคลังแบบ Just-in-Time จะช่วยลดความไม่แน่นอนและความไม่สม่ำเสมอในกระบวนการผลิตได้

3. Muri

สภาวะที่เกินกำลัง เป็นผลมาจากภาระงานที่มากเกินไปทั้งกำลังคนและเครื่องจักร ทำให้เกิดความล้าสะสม ความสูญเปล่าประเภทนี้สามารถลดได้โดยการกำหนดงานที่เป็นมาตรฐานของกระบวนการผลิตให้ดีกว่าเดิม

2.2 ซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

2.2.1 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพและปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นคุณภาพและความพึงพอใจของลูกค้า (Ramasamy 2009)

ซิกซ์ ซิกมาเป็นระบบที่ครอบคลุมและมีความยืดหยุ่น โดยเน้นความต้องการของลูกค้าด้วยการใช้ข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยมุ่งมั่นเรื่องการบริหารจัดการ การปรับปรุง และการนำเสนอกระบวนการทางธุรกิจในรูปแบบใหม่ (Verma 2008)

ซิกซ์ ซิกมา คือ โครงการที่มุ่งเน้นวิธีการหรือระบบ ซึ่งได้จัดเตรียมให้ธุรกิจที่มีเครื่องมือทางสถิติและความเชี่ยวชาญในการปรับปรุงกระบวนการ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพและลดความแปรปรวนในระบบการผลิต อันนำไปสู่การลดของเสียในกระบวนการผลิต การเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการ และการเพิ่มผลกำไร (Russell 2011)

ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิสัยทัศน์ ปรัชญา ระบบบริหารคุณภาพ ขั้นตอนและเครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพ หรือระดับคุณภาพของกระบวนการ โดยประยุกต์แนวทางที่มีโครงสร้างที่เป็นระบบในการปรับปรุงคุณภาพในทุกๆ ส่วนของธุรกิจ เพื่อสร้างความพึงพอใจของลูกค้า (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557)

2.2.2 แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา

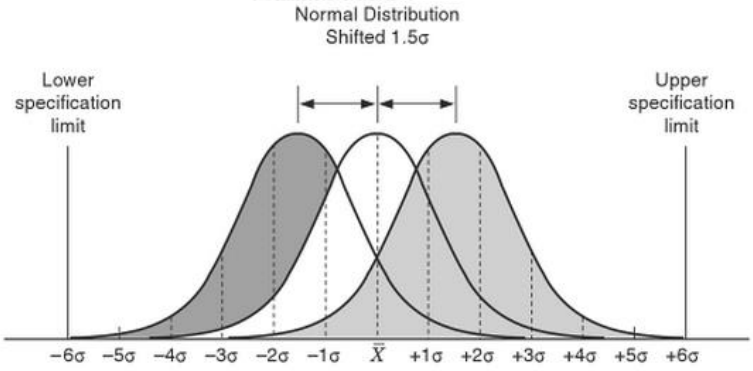
จุดประสงค์หลักของซิกซ์ ซิกมา (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557) คือ การลดความผันแปรที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์และกระบวนการ เมื่อลดความผันแปรได้ ความสูญเปล่า (Waste) จะลดลง ทำให้สามารถลดต้นทุนที่เกิดจากความสูญเปล่าลงได้ โดยมีแนวคิดดังต่อไปนี้

1. มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ
2. ปรับปรุงคุณภาพอย่างเป็นระบบโดยมีขั้นตอนและเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือทางคุณภาพสนับสนุน
3. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนอง (Key Process Output Variables: KPOVs) หรือ Y และปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variables: KPIVs) หรือ X ซึ่งมักจะเขียนแนวคิดนี้ในรูปแบบของ Y = f(X) การจะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง Y และ X ผู้ดำเนินการปรับปรุงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลและวิธีการทางสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้ทราบถึงความสัมพันธ์นั้น
4. มีโครงสร้างที่เอื้อให้มีบุคลากรที่พร้อมจะดำเนินงานการปรับปรุงคุณภาพ ในการสร้างให้เกิดความพร้อมนั้น ซิกซ์ ซิกมา ได้กำหนดให้ทำการปรับปรุงงานเป็นแบบโครงการ ซึ่งหมายถึงการมีจุดเวลาเริ่มต้นและจุดเวลาสิ้นสุดของการปรับปรุงงานอย่างชัดเจน นอกจากนั้น ซิกซ์ ซิกมา ยังได้กำหนดบทบาทและความรับผิดชอบของบุคลากรไว้เป็น

ตำแหน่งต่างๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าองค์กรจะมีบุคลากรที่พร้อมด้วยความรู้และเวลาที่จะดำเนินโครงการปรับปรุงคุณภาพงานได้อย่างสำเร็จ

2.2.3 ตัววัดระดับคุณภาพ

ตัววัดระดับคุณภาพในกระบวนการผลิต บ่งบอกถึงคุณภาพของกระบวนการ โดยตามหลักการของซิกซ์ ซิกมา จะเห็นได้ว่าหากมีการกระจายหรือความผันแปรของข้อมูลน้อย รูปกราฟก็จะยิ่งแคบ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือซิกมาก็จะยิ่งเล็กลง โดยตามหลักทางสถิติสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลที่อยู่ภายในพิกัดของข้อกำหนดที่ ±3 sigma ได้เท่ากับ 99.73% เท่ากับว่ามีโอกาสที่ข้อมูลจะออกนอกข้อกำหนด (หมายถึงสินค้าหรือบริการไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือบกพร่อง) แต่ถ้าพิจารณาที่ ±6 sigma จะมีโอกาสสูงที่ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดถึง 99.9999998% โดยจะมีข้อมูลที่ออกนอกข้อกำหนดเพียง 0.002 ppm จากกรณีดังกล่าวจะเปรียบเทียบได้เฉพาะเมื่อค่าเฉลี่ยของข้อมูลอยู่ตรงค่ากลางพิกัดข้อกำหนดพอดี ซึ่งในโลกแห่งความจริงแล้วเกิดขึ้นได้ค่อนข้างยาก (วรภัทร์ ภู่เจริญ และคณะ 2546) ดังนั้น หากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยที่เลื่อนออกมาจากค่ากลางพิกัดข้อกำหนดประมาณ ±1.5 sigma ความสัมพันธ์ของระดับซิกมา กับจำนวนของสินค้าหรือบริการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



Spec. limit	Percent	Defective ppm
±1 σ	30.23	697700
±2 σ	69.13	308700
±3 σ	93.32	66810
±4 σ	99.3790	6210
±5 σ	99.97670	233
±6 σ	99.999660	3.4

รูปที่ 2.1 เส้นโค้งการกระจายตัวปกติภายใต้ Six Sigma Quality Level เมื่อ mean shift $\pm$ 1.5σ (Breyfogle III 2003)

2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา

การปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการนิยามปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนนี้จะระบุสภาพปัญหา ขอบเขต วัตถุประสงค์ เงื่อนไข และสมมติฐานของโครงการปรับปรุงคุณภาพ รวมทั้งกำหนดทีมงานปรับปรุงคุณภาพและแผนการดำเนินงานโครงการ

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)

ในขั้นตอนนี้จะมีการเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพของปัญหา และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา ก่อนที่จะเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดก่อน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดจะให้ค่าที่เชื่อถือได้

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา (Analyse Phase)

ในขั้นตอนนี้จะวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าที่มีนัยสำคัญต่อปัญหา หลังจากที่ได้กำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้แล้ว หากสาเหตุที่เป็นไปได้มีมาก จะต้องมีการกรองจำนวนสาเหตุหรือปัจจัยลงก่อนที่จะนำไปทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าสาเหตุหรือปัจจัยใดมีนัยสำคัญต่อปัญหา จะได้นำไปสู่การปรับปรุงที่ตรงจุดในขั้นตอนต่อไป โดยในขั้นตอนนี้จะมีการออกแบบการทดลอง เก็บผลการทดลอง และนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถิติเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยใดมีนัยสำคัญหรือเป็นสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

ขั้นตอนนี้จะทำการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุที่มีนัยสำคัญ หากสาเหตุหรือปัจจัยที่เป็นค่าปรับตั้งเครื่องจักร ก็จะทำการออกแบบและทำการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลมาตัดสินใจว่า จะปรับตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องจักรนั้นไว้ที่ค่าใดที่จะให้ผลดีที่สุด หากเป็นปัจจัยที่ปรับปรุงได้โดยการจัดการ ก็จะกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงและเลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาข้อมูลประกอบการตัดสินใจ จากนั้นทำการเก็บผลลัพธ์หลังการปรับปรุงเพื่อยืนยันว่าได้ผลการปรับปรุงที่ดีขึ้นจริงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการควบคุมหลังการปรับปรุง (Control Phase)

ขั้นตอนนี้หลังได้วิธีปรับปรุงแล้ว ก็จะจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา รวมทั้งแผนควบคุมซึ่งจะระบุถึงสิ่งที่จะต้องควบคุม และเครื่องมือวิธีการในการควบคุมกระบวนการเพื่อให้มั่นใจได้ว่า ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุงจะอยู่อย่างยั่งยืน

2.3 ลีน ซิกซ์ ซิกมา (Lean Six Sigma)

ลีน ซิกซ์ ซิกมา เป็นการบูรณาการซิกซ์ ซิกมาและระบบลีนเข้าด้วยกัน โดยระบบลีนเป็นวิธีลดความยืดหยุ่นของกระบวนการ และทำให้มีประสิทธิภาพโดยการระบุและขจัดแหล่งของของเสียในกระบวนการ เช่น วัตถุดิบ แรงงาน และเวลา ซึ่งขัดขวางการไหลของกระบวนการ ลีนเป็นการแสวงหากระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลขององค์กร เพื่อที่จะสร้างคุณค่าให้แก่ลูกค้าด้วยการทำงานที่น้อยลง เช่น ได้รับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการที่เร็วขึ้น ปรัชญาการบริหารกระบวนการแบบลีนส่วนใหญ่ได้มาจากระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Product System: TPS) ซึ่งหมายรวมถึงการผลิตแบบผลัก (push production) ระบบการผลิตแบบดึง (pull production) ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time) และระบบคัมบัง (Kamban) ซึ่งมีประสิทธิภาพอย่างมากในกระบวนการผลิต

วิธีการของลีนซิกมาในการปรับปรุงกระบวนการโดยใช้ขั้นตอน DMAIC 5 ขั้นตอนของซิกซ์ซิกมา โดยขั้นตอนแรก คือ การกำหนดการสร้างคุณค่าสำหรับลูกค้า เช่น คุณภาพจากมุมมองของลูกค้า ลำดับของกระบวนการซึ่งจะเป็นการสร้างคุณค่า หรือที่เรียกว่า สายธารแห่งคุณค่า (value stream) ซึ่งเป็นการระบุกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าและจะต้องถูกขจัดออกไปจากกระบวนการผลิต ขั้นตอนที่ 3 คือ ของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น สินค้าคงคลัง หรือความสามารถในการให้บริการเมื่อเวลาที่ลูกค้าต้องการ และขั้นสุดท้าย ลีนเป็นการทำซ้ำอย่างต่อเนื่องในการพยายามย้ายของเสียจากการผลิต (กิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า) ออกไป พร้อมทั้งปรับปรุงการไหลของกระบวนการ เน้นการแสวงหาความสมบูรณ์แบบ เช่น ลีนเป็นแนวทางในการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยการขจัดของเสียทั่วทั้งองค์กรตามผังแห่งคุณค่า โดยทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม (ปรียาวดี ผลเอนก 2556)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 เครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหา

1. แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (process flow chart)

การวิเคราะห์การไหลของกระบวนการ คือ แผนผังขั้นตอนต่างๆ ในการลำดับกระบวนการโดยรวมในองค์กร แผนภูมิการไหลของกระบวนการถูกนำมาใช้ในการบริหารจัดการคุณภาพสำหรับการวาดภาพกระบวนการ เพื่อที่จะเข้าใจในงานหรือกระบวนการในการดำเนินงานได้อย่างง่าย (ปรียาวดี ผลเอนก 2556)

2. ผังแสดงเหตุและผล (cause and effect diagram)

ผังแสดงเหตุและผล หรือที่รู้จักกันในนามผังก้างปลา (fishbone diagram) เป็นผังแสดงรายละเอียดของปัจจัยที่เป็นปัญหาของคุณภาพและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดังกล่าว ผังแสดงเหตุ

และผลใช้ในการกำหนดปัญหาคุณภาพที่สามารถแก้ไขได้ โดยผังแสดงเหตุและผลถูกพัฒนามาจากการระดมสมอง (brainstorm) ซึ่งจะช่วยในการระบุสาเหตุของปัญหาทั้งหมดที่เป็นไปได้ (Russell 2011) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

กระบวนการในการสร้างผังแสดงเหตุและผลมีขั้นตอน (Swink 2011) ดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหาการตรวจสอบ

แสดงผลลัพธ์หรือผลกระทบที่ต้องการคำอธิบายในรูปแบบต่างๆ โดยวางลงบนด้านขวาของแผนภูมิ แล้ววาดลูกศรจากซ้ายไปขวา ลูกศรนี้หมายถึงรากเหง้าของผลลัพธ์ซึ่งเชื่อมโยงระหว่างผลลัพธ์และรากเหง้าของปัญหา

2. ระบุสาเหตุที่สำคัญ

ระบุประเภทของสาเหตุหลักที่อาจนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ตามมา ปัญหาจะถูกแสดงด้วยลูกศร โดยระบุปัญหาหลักแต่ละปัญหาไว้ที่กล่องข้อความในแต่ละกล่อง และเริ่มต้นเขียนโครงสร้างในการแสดงความสัมพันธ์ของเหตุและผล โดยปัญหาที่นำมาแสดงจะสะท้อนให้เห็นถึงกำลังคน วิธีการทำงาน วัตถุดิบ เครื่องจักร (4M) ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของปัญหา โดยอาจเพิ่มปัญหาหลักต่างๆ เข้าไปตามแต่สถานการณ์ที่เหมาะสม

3. ระบุสาเหตุเฉพาะที่เจาะจงมากขึ้น

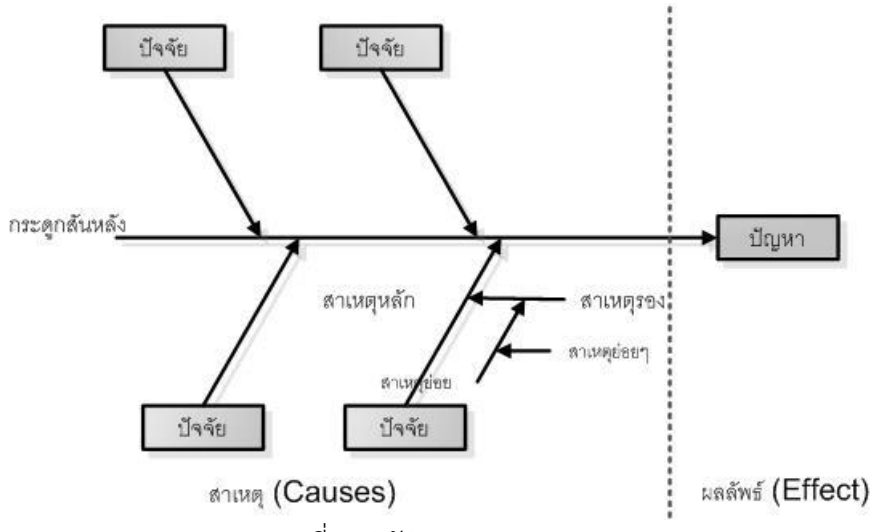
มีการระบุปัญหาหลักจากสาเหตุหลัก (4M) และแต่ละปัญหาหลักจะแตกเป็นปัญหาย่อยซึ่งรายละเอียดของปัญหาย่อยจะสัมพันธ์กับปัญหาหลัก

4. วงจรสาเหตุของปัญหา

หลังจากที่แผนผังก้างปลาได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อแสดงให้เห็นถึงปัญหาโดยรวม การปรับปรุงสาเหตุและวงจรสาเหตุสามารถวิเคราะห์และเก็บข้อมูล โดยมุ่งเน้นไปที่สาเหตุ

5. พิสูจน์สาเหตุของปัญหา

หลังจากที่ได้ระบุสาเหตุส่วนใหญ่โดยการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์หารากเหง้าของปัญหา



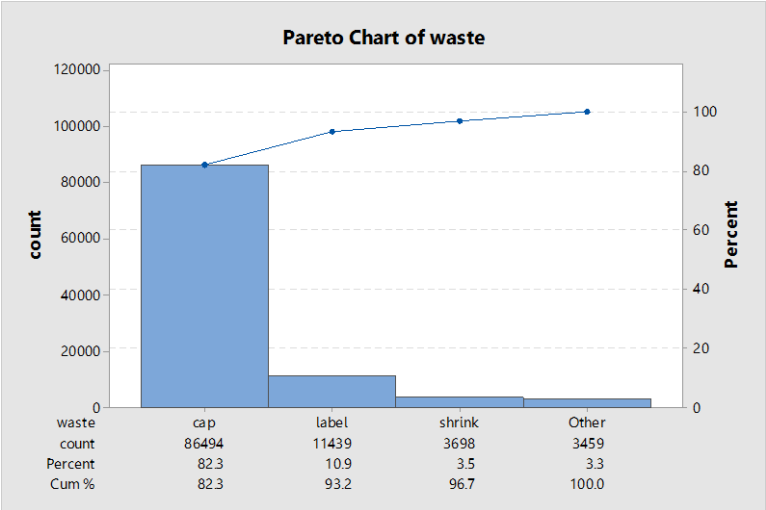
รูปที่ 2.2 ผังแสดงเหตุและผล

3. ใบตรวจสอบหรือตารางตรวจสอบ

ใบตรวจสอบหรือตารางตรวจสอบ เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการเก็บข้อมูล จัดระบบ และแสดงข้อมูลออกมาในรูปแบบที่กำหนดไว้ ใบตรวจสอบหรือตารางตรวจสอบ ประกอบด้วยหมวดหมู่ของปัญหาต่างๆ เช่น ชนิดของปัญหา หมวดหมู่ของปัญหา หรือเวลา หมวดหมู่ของปัญหาต่างๆ นั้นมาจากการวิเคราะห์เหตุและผล โดยหมวดหมู่ของปัญหาถือเป็นปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น กล่าวคือข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นมีความสำคัญกับแนวโน้มในการเกิดปัญหา (Swink 2011)

4. แผนภูมิพาเรโต

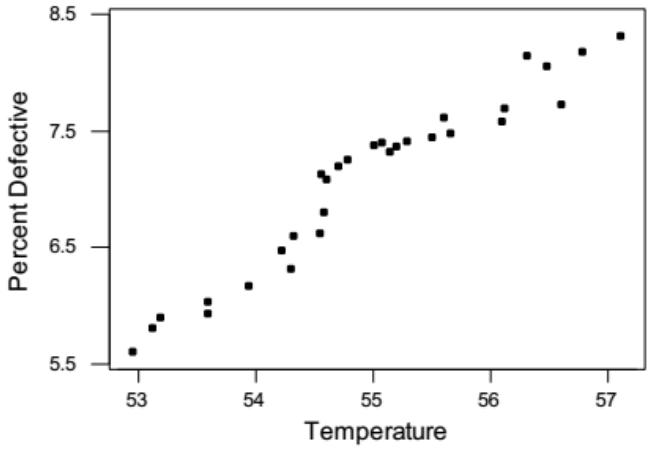
การวิเคราะห์ปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต อยู่บนพื้นฐานแนวคิดที่ว่า 80% ของปัญหามาจากสาเหตุที่เกิดขึ้น 20% เช่น เครื่องจักร วัตถุดิบ หรือพนักงานปฏิบัติการ โดย 80% ของของเสียจากกระบวนการผลิตหรือต้นทุนการปรับปรุงใหม่มาจากสาเหตุเพียง 20% แผนภูมิพาเรโตดังแสดงในรูปที่ 2.3 จะช่วยระบุปัญหาในองค์กรซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียผลกำไร ดังนั้นองค์กรควรจะหาปัญหาที่สำคัญและขจัดปัญหาดังกล่าวออกไปเพื่อความสำเร็จขององค์กร (Ramasamy 2009)



รูปที่ 2.3 แผนภูมิพาเรโต

5. ผังการกระจาย (scatter diagram)

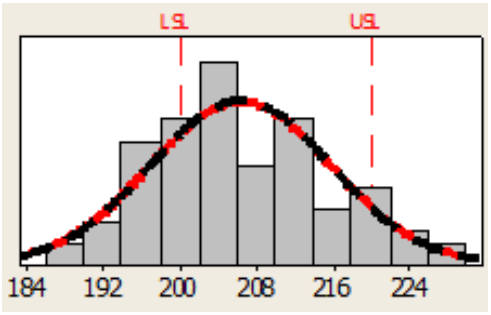
ผังการกระจาย ช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และมีระดับความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ผังการกระจาย (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557)

6. ฮิสโทแกรม (histogram)

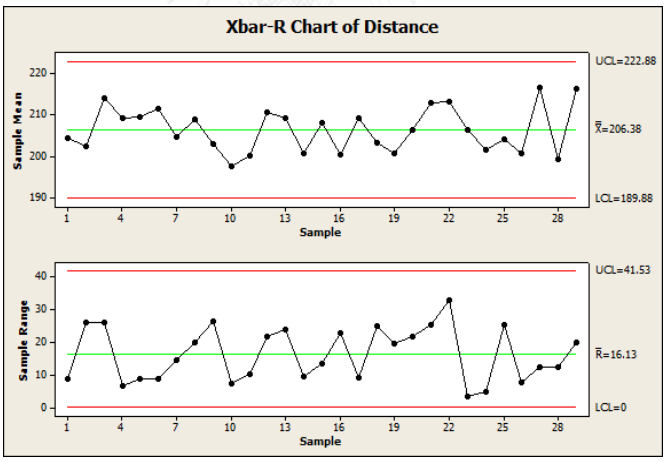
ฮิสโทแกรม คือ ชนิดของกราฟที่ใช้แสดงความแตกต่างของค่าในชุดของข้อมูลที่เกิดขึ้น ฮิสโทแกรมคือกราฟที่นิยมใช้มากที่สุดเพื่อแสดงการแจกแจงความถี่ของการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยฮิสโทแกรมถูกนำมาใช้เพื่อสรุปข้อมูลจากการสังเกต (Verma 2008) ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ฮิสโทแกรม

7. แผนภูมิควบคุม (control chart)

แผนภูมิควบคุม เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับเฝ้าติดตามค่าของตัวแปรที่ต้องการควบคุมคุณภาพว่า เกิดความผันแปรเกินระดับปกติหรือไม่ จะได้ทราบว่าเมื่อใดจะต้องดำเนินการแก้ไขให้กระบวนการกลับสู่ระดับปกติ (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 แผนภูมิควบคุม

2.5 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE)

การออกแบบการทดลอง คือ การออกแบบแผนการทดลองเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล และหาผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองในกระบวนการ โดยนำหลักทางคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้ในการลดจำนวนการทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทดลอง

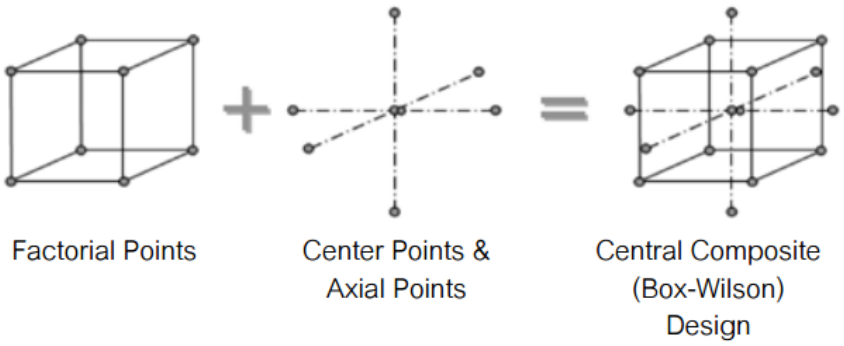
(M. Hatami et al 2015) หลักพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการออกแบบการทดลอง (ปารเมศ ชุติมา 2545) มี 3 ประการ ดังนี้

1. เรพลิเคชัน (replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำ เป็นการทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของผิดพลาดจากการทดลองได้ และทำให้สามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการทดลอง
2. แรนดอมไมเซชัน (ramdomization) หมายถึง การทดลองที่ใช้วัสดุและลำดับของการทดลองเป็นแบบสุ่ม เพื่อลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อการทดลอง
3. บล็อกกิง (blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้เพิ่มความเที่ยงตรงหรือลดค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจภายในบล็อกเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

2.5.1 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD)

การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง เป็นการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสม โดยแต่ละปัจจัยถูกทดสอบที่มากกว่า 2 ระดับ (นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ 2557) ซึ่งประกอบด้วยการทดลอง 3 ส่วน (จรัล ทรัพย์เสรี 2009) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 ดังนี้

1. Factorial Points เป็นการนำ Full Factorial มาเป็นส่วนหนึ่งของการทดลอง
2. Axial Points เป็นการปรับค่าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งในขณะที่ fix ให้ค่าตัวแปรอื่นอยู่ที่ค่ากลาง (หรือค่า0)
3. Center Points เป็นการปรับค่าของตัวแปรทุกตัวแปรที่ค่ากลาง (หรือค่า0)



รูปที่ 2.7 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

2.5.2 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมติฐาน (ภาควิชาสถิติ 2556) เป็นการอนุมานเพื่อช่วยในการตัดสินใจปัญหาต่างๆ บนพื้นฐานของข้อมูลหรือค่าที่สังเกตได้จากตัวอย่าง เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของประชากร โดยมีทางเลือกสองทาง คือ ยอมรับหรือปฏิเสธความเชื่อ การทดสอบสมมติฐานทางสถิตินั้นจะกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ที่ต้องการทดสอบ โดยจำแนกเป็น สมมติฐานหลัก (null hypothesis) และสมมติฐานรอง (alternative hypothesis) โดยที่ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมุติฐานสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ผลการตัดสินใจจากการทดสอบสมมุติฐาน

ผลการทดสอบ	สมมติฐานที่เป็นจริง	
	H_0	H_1
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ตัดสินใจถูกต้อง
ไม่ปฏิเสธ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

จากตารางที่ 2.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type 1 error) คือ ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธสมมุติฐานหลักทั้งๆ ที่สมมุติฐานหลักเป็นจริง แทนด้วย α ในขณะที่ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type 2 error) คือ ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับสมมุติฐานหลักทั้งๆ ที่สมมุติฐานหลักไม่เป็นจริง แทนด้วย β

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6 จุลินทรีย์ (Microorganism)

2.6.1 ความหมายของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ (Microorganism) หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมาก ส่วนใหญ่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จุลินทรีย์มีหลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ไวรัส ยีสต์ ราบางชนิด ฯลฯ (วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา 2555)

จุลินทรีย์พบได้ทุกหนทุกแห่ง ในดิน น้ำ อากาศ ร่างกายของสิ่งมีชีวิตอื่นที่มิใช่จุลินทรีย์ตลอดจนสิ่งต่างๆ ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องอุปโภคและบริโภค การดำรงชีพของจุลินทรีย์มีทั้งที่เป็นผู้ผลิตบางชนิดเป็นผู้ย่อยสลาย ทำให้เกิดการหมุนเวียนของสารหลายชนิดในระบบนิเวศ และบางชนิดเป็นปรสิต ทำให้เกิดพิษหรือเกิดโรคต่อสิ่งมีชีวิตอื่นรวมทั้งจุลินทรีย์ด้วยกันเอง เช่น ไวรัส ซึ่งส่วนใหญ่เป็นปรสิตทำลายแบคทีเรียบางชนิดได้ ทำให้เกิดโรคในพืช สัตว์และมนุษย์

2.6.2 จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหาร

การผลิตหรือการประกอบอาหารนับตั้งแต่การเตรียมส่วนผสมต่างๆ การประกอบอาหาร การบรรจุ การขนส่ง ฯลฯ จนถึงผู้บริโภค อาจมีจุลินทรีย์ต่างๆ ปนเปื้อนในอาหาร หากเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็เพียงแต่ทำให้อาหารเน่าเสีย หากเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคก็อาจทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วย ในบางครั้งอาจถึงกับเสียชีวิตได้ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงควรใส่ใจและหาทางป้องกันไม่ให้จุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้ โดยจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีผลต่อการเกิดอาหารเป็นพิษหรือก่อให้เกิดโรคต่างๆ ในคนนั้นมีหลายชนิด (อัธยา กังสุวรรณ 2553) ได้แก่

1. Coliform bacteria

โคลิฟอร์มแบคทีเรีย ปกติไม่ใช่ชนิดที่ก่อโรคแท้จริง แต่เป็นชนิดที่ใช้บ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ พบในอุจจาระของคนหรือสัตว์เลือดอุ่น ในแหล่งน้ำ ดิน และพืชที่ปนเปื้อนมูลสัตว์ต่างๆ เช่น สุนัข นก นกน้ำ เป็นต้น การพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียมากในน้ำบ่งชี้ถึงความเสี่ยงสูงของการมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนเปื้อนในน้ำ เช่น โรคที่มากับน้ำ ได้แก่ ไข้รากสาดใหญ่ (ไทฟอยด์) อหิวาตกโรค และไวรัสตับอักเสบ เป็นต้น

2. *Escherichia coli*

พิษที่สร้างโดย *Escherichia coli* จะทำให้เกิดความเสียหายแก่เยื่อบุของลำไส้ ทำให้ลำไส้ใหญ่อักเสบจนตกเลือด อาการคือ ปวดท้องรุนแรง อุจจาระร่วงเป็นน้ำในตอนแรก แต่กลายเป็นมูกเลือดต่อมา อาจมีอาเจียนบ้าง และมีไข้ต่ำหรือไม่มี อาหารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เนื้อบดหรือแฮมเบอร์เกอร์ดิบหรือไม่ค่อยสุก นอกจากนี้ยังพบในน้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ไส้กรอกหมูปนเนื้อวัว ผักกาดหอม เนื้อสัตว์ป่า และนมดิบ

3. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียที่พบทั่วไปในอากาศ ฝุ่นละออง น้ำสกปรก น้ำทั่วไป นม อาหารหรือบนอุปกรณ์ผลิตอาหาร พื้นผิวของสิ่งแวดล้อม มนุษย์และสัตว์ เป็นต้น อาการทั่วไป คือ มีน้ำลายมาก วิงเวียนศีรษะ อาเจียน ปวดท้อง และท้องร่วง อาจมีมูกเลือดปนมาด้วย ในกรณีอาการรุนแรง มักมีอาการปวดศีรษะ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เหงื่อออก ตัวสั่น และร่างกายมีอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ อาการนี้จะหายไปได้เองภายหลังขับถ่ายเอาอาหารที่มีเชื้อออกไปหมดแล้ว

4. Yeast & Mold

พบในอาหารจำพวกถั่ว ธัญพืช ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ และเครื่องดื่ม เป็นต้น สารพิษจากเชื้อราบางชนิดทำให้เกิดพิษเฉียบพลันได้ หากได้รับในปริมาณมาก โดยสารพิษบางชนิดทำให้เกิดมะเร็ง บางชนิดทำให้เกิดการกลายพันธุ์ หรืออาจทำให้การพัฒนาของตัวอ่อนผิดปกติ

2.6.3 การป้องกันการปนเปื้อนในอาหาร

การป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหารสำหรับผู้ที่ทำหน้าที่ผลิต บรรจุ ขนส่ง จำหน่าย และผู้บริโภค ควรใช้หลักของสุขอนามัยที่ดีส่วนบุคคล การสุขาภิบาลอาหาร การควบคุมความปลอดภัยทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญ โดยมีข้อปฏิบัติเบื้องต้นดังนี้

1. รักษาความสะอาด โดยล้างมือทุกครั้งก่อนจับอาหาร ระหว่างการเตรียมอาหาร และหลังออกจากห้องน้ำ

2. ล้างทำความสะอาดอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้ประกอบอาหาร และพื้นครัวทุกครั้งเมื่อเสร็จงาน

3. แยกอาหารสดออกจากอาหารที่ปรุงสุกแล้วเสมอ เพราะจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารดิบอาจปนเปื้อนในอาหารสุก หรือขณะปรุงอาหาร หรือขณะเก็บอาหารได้

4. ใช้น้ำและวัตถุดิบที่สะอาดปลอดภัยในการปรุงอาหาร เลือกใช้อาหารสดที่มีคุณภาพ

5. ปรุงอาหารให้สุกอย่างทั่วถึง โดยใช้ความร้อนไม่น้อยกว่า 70 °C

6. เก็บรักษาอาหารไว้ในอุณหภูมิที่เหมาะสม อาหารที่ปรุงสุกแล้วควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 °C หรือสูงกว่า 60 °C ไม่ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนานเกินกว่า 2 ชั่วโมง ส่วนอาหารสด เช่น พืชผัก ผลไม้ ควรเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C ส่วนเนื้อสัตว์ให้เก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C

การปนเปื้อนด้วยสาเหตุต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นจะลดลงได้อย่างมาก เมื่อมีการใช้ระบบคุณภาพอาหารหรือมีการควบคุมความปลอดภัยของอาหารในกระบวนการผลิต การบรรจุ การขนส่งและการจำหน่ายซึ่งจะทำให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ป้องกันการติดเชื้อหรือโรคติดต่อจากการบริโภค ซึ่งบางครั้งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิต

2.6.4 การใช้ความร้อนควบคุมจุลินทรีย์

สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมจุลินทรีย์ก็เพื่อป้องกันมิให้อาหารเสื่อมสภาพหรือเน่าเสีย ซึ่งทำให้สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอาหารเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ รูปร่าง รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการ ทำให้อาหารไม่เหมาะสมและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค หรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เราจึงต้องใช้หลักและวิธีการถนอมอาหารในการควบคุมจุลินทรีย์ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น โดยไม่ทำให้อาหารนั้นเสื่อมสภาพหรือเน่าเสีย ช่วยให้อาหารมีสภาพใกล้เคียงกับอาหารสดมากที่สุด ทั้งยังช่วยให้สูญเสียคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด

การใช้ความร้อนเป็นหนึ่งในวิธีการถนอมอาหารโดยความร้อนทำให้โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์เสียสภาพธรรมชาติ และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในเซลล์ของจุลินทรีย์และใน

อาหาร ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายได้ ความร้อนที่ใช้จะมีระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ให้ความร้อนเป็นเท่าใด ขึ้นอยู่กับชนิด ระยะการเจริญ และสภาพแวดล้อมของจุลินทรีย์ รวมทั้งชนิดของอาหารด้วย การใช้ความร้อนกับอาหารที่นิยมใช้มี 2 วิธี (วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา 2555) คือ

1. การพาสเจอไรซ์ (Pasteurization) วิธีนี้ค้นพบโดย หลุยส์ ปาสเตอร์ (Louis Pasteur) นักเคมีชาวฝรั่งเศส เป็นการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C เพื่อทำลายเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ก่อโรค แต่ไม่สามารถทำลายสปอร์ได้ เนื่องจากใช้ความร้อนที่ไม่สูงมากนักผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จึงยังมีจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคเหลืออยู่ จึงต้องเก็บรักษาโดยใช้หลักและวิธีการถนอมอาหารอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น การแช่เย็น การแช่แข็ง การอบแห้ง หรือการปรับสภาพกรด-เบส เพื่อให้เก็บรักษาได้นานขึ้น เช่น นมพาสเจอไรซ์ ต้องเก็บไว้ในตู้แช่ หรือตู้เย็นก่อนนำไปดื่ม ไวน์องุ่นต้องบรรจุขวดในทันทีหลังการพาสเจอไรซ์ ส่วนผลไม้แห้งเมื่อบรรจุเสร็จแล้วจึงค่อยนำไปผ่านการพาสเจอไรซ์ เป็นต้น

2. การสเตอริไลส์ (Sterilization) จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C หรือสูงกว่า เพื่อทำลายจุลินทรีย์ในอาหารรวมทั้งสปอร์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น อาหารจึงปลอดเชื้อและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานขึ้นการสเตอริไลส์นิยมใช้กับอาหารกระป๋อง หรือผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปแบบยูเอชที (Ultra high Temperature: UHT) โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 135-150 °C นาน 1-4 วินาที และทำให้เย็นทันทีแล้วจึงบรรจุแบบปลอดเชื้อ ทำให้เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานประมาณ 6 เดือน เช่น นมยูเอชที น้ำผลไม้ยูเอชที เป็นต้น

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ชลลญา โชติเวทธำรง 2549) ศึกษาการลดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตไอศกรีมแท่งของโรงงานผลิตไอศกรีม พบว่าเวลาสูญเสียหลักในกระบวนการผลิต คือ เวลาในการตั้งเครื่องและเวลาที่ทำให้ไอศกรีมแข็งตัว จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้วิธี why-why analysis พบว่าในกระบวนการตั้งเครื่องมีขั้นตอนการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพอยู่เป็นจำนวนมาก ส่วนกระบวนการที่ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวนั้นมีสาเหตุเกิดจากการใช้ตัวทำความเย็นที่ไม่เหมาะสม จึงทำการปรับปรุงโดยนำเทคนิค ECRS มาประยุกต์ใช้ สามารถลดเวลาในการตั้งเครื่องจาก 6.90 ชั่วโมงต่อรอบการผลิต เหลือเพียง 2.43 ชั่วโมงต่อรอบการผลิต หรือคิดเป็นร้อยละ 64.78 และลดต้นทุนการผลิตจาก 148.75 บาทต่อลิตร เหลือเพียง 123 บาทต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 17.31

(สุพรรษา พลแก้ว 2549) ศึกษาการลดเวลานำในการผลิตของผลิตภัณฑ์วินเซิร์ฟบอร์ด ในการศึกษาผู้วิจัยได้นำแนวทางการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ โดยกำจัดกิจกรรมงานย่อยที่ไม่เกิดมูลค่าในกระบวนการผลิต ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของสายการผลิตให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง ด้วย

เทคนิคการจัดสมดุลการผลิต ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่าเวลานำในการผลิตเฉลี่ยลดลง 68% จาก 28 วัน เหลือ 9 วัน ประสิทธิภาพของสถานีงานและสายการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 41% เป็น 90%

(อภิญญา ตากสกุล 2552) ศึกษาการลดความสูญเปล่าในกระบวนการติดตั้งก๊าซรถยนต์ โดยใช้เทคนิคลีน ซิกซ์ซิกมา จากการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตที่ไม่มีประสิทธิภาพมีสาเหตุหลัก คือ ความสูญเปล่าจากการรอคอย 2 สาเหตุหลัก ได้แก่ รอรถจากกระบวนการก่อนหน้าและรอชิ้นงานที่ประกอบจาก Sub-Assembly และความเปล่าที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสมจากการแก้ไขงาน(Rework) เกิดจาก 5 สาเหตุหลัก ได้แก่ 1.การ Rework จากชุดกรองแก๊สรั่ว 2.การ Rework จาก P1 Sensor รั่ว 3.การ Rework จากการติดตั้งสายไฟขั้วแบตไม่เรียบร้อย 4.การ Rework จาก Pressure Gauge เสีย และ5.การ Rework จาก Male Connector รั่วและ Pressure Gauge รั่ว จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาและระดมสมองในการแก้ไขปัญหาโดยใช้หลักECRS ผลที่ได้หลังการปรับปรุง คือ ความสูญเปล่าจากการรอคอยเป็น 2.70% ของการทำงาน ความสูญเปล่าที่เกิดจากการแก้ไขงานในส่วนที่มีความถี่และผลกระทบในด้านความปลอดภัยเป็น 0.08 จุดต่อคัน ต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Cost) ลดลงจากเดิม 837 บาทต่อคัน เป็น 126 บาทต่อคัน ต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Cost) ลดลงจากเดิม 402 บาทต่อคัน เป็น 16 บาทต่อคัน

(กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข 2552) ศึกษาการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก โดยใช้เทคนิคลีน ซิกซ์ซิกมา และ ECRS เพื่อลดความสูญเปล่าจากรอบการผลิตที่มากเกินไป การปรับปรุงการวางผังกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่าจากการขนส่ง การลดความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็นโดยหลักการ 5ส และการลดข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตโดยการออกแบบการทดลอง ผลที่ได้จากการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต คือ ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลดลงจาก 48.25 บาท เป็น 42.54 บาท คิดเป็นร้อยละ 11.83 และผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 3700 ชิ้น เป็น 4090 ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 9.54

(วาสนา ช่อมะลิ 2555) ศึกษาการลดเวลาสูญเสียของเครื่องผสมยางจากยางติดประตูปล่อยยางของโรงงานผลิตยางรถยนต์ โดยนำแนวทางของซิกซ์ซิกมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา พบว่ามีสาเหตุหลักของปัญหาปัจจัยด้านคนและวิธีการ และปัจจัยด้านเครื่องจักร 5 ปัจจัย ได้แก่ 1.อุณหภูมิของโรเตอร์ 2.อุณหภูมิแชมเบอร์ 3.อุณหภูมิประตูปล่อยยาง 4.ความเร็วโรเตอร์ และ5.เวลาเปิด-ปิดประตูปล่อยยาง หลังการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปัญหายางติดประตูปล่อยยางได้จาก 31.9% เป็น 14.3%

บทที่ 3
การนิยามปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนนี้เป็นการอธิบายถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่การจัดตั้งทีมงานที่เกี่ยวข้องสำหรับการแก้ไขปัญหา ศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้มและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหา

3.1 การจัดตั้งคณะทำงาน

ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มนั้น จำเป็นต้องอาศัยการระดมสมองจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องซึ่งนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยคณะทำงานประกอบไปด้วยบุคลากรที่มาจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

1. หัวหน้าส่วนงานผลิต
2. หัวหน้าส่วนงานวางแผนการผลิต
3. หัวหน้าส่วนงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์
4. หัวหน้าส่วนงานควบคุมคุณภาพ (ผู้วิจัย)
5. หัวหน้าส่วนงานประกันคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 กระบวนการผลิตน้ำจิ้มของโรงงานกรณีศึกษา

เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม และนำไปสู่แนวทางในการแก้ไขปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาขั้นตอนในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มของโรงงานกรณีศึกษา โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. Mixing ในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมน้ำเชื่อมของน้ำจิ้มแต่ละชนิด โดยพนักงานจะผสมวัตถุดิบ Raw material-1 ผ่านเครื่องผสมลงในถังเตรียมน้ำเชื่อม (Syrup tank) ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 การเตรียมน้ำเชื่อม

2. Pre-heating ให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำเชื่อม เพื่อละลายส่วนผสมเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.2 จากนั้นปั๊มน้ำเชื่อมไปยังถังผสม (Mixing tank)

รูปที่ 3.2 ละลายส่วนผสมเข้าด้วยกัน

3. Mixing ผสมวัตถุดิบ Raw material-2 ในถังผสม (Mixing tank) โดยเปิดใบพัดกวน เพื่อให้ส่วนผสมเข้ากัน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 การผสมวัตถุดิบ

4. Heating ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตามเวลาที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์
5. Cool down ลดอุณหภูมิซอสลงมาจนได้อุณหภูมิที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เพื่อเป็นการระบายความร้อนออกจากน้ำจิ้มก่อนทำการเติมน้ำแป้ง

รูปที่ 3.4 การcool down

6. Pasteurization ให้ความร้อนเพื่อทำการฆ่าเชื้อ โดยคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส และเวลาตามที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์
7. Buffering พักผลิตภัณฑ์ในถังพัก (Buffer tank) เพื่อรอบรรจุ โดยควบคุมอุณหภูมิซอสขณะบรรจุ และ/หรือ เปิดใบพัดกวนเพื่อช่วยกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง

8. Filling บรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุขนาดต่างๆ โดยมีการปรับความเร็วและปริมาตรการบรรจุให้เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์และควบคุมอุณหภูมิในการบรรจุ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การบรรจุน้ำจิ้ม

9. Metal detector เป็นขั้นตอนในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของเศษโลหะที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น เหล็ก สแตนเลส ทองแดง เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ก่อนทำการปิดฝาขวด

รูปที่ 3.6 การตรวจจับโลหะโดยเครื่อง Metal detector

10. Capping ปิดฝาขวดด้วยเครื่องปิดฝาภายหลังจากผ่านเครื่อง metal detector ดังแสดงในรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 การปิดฝาขวดด้วยเครื่องปิดฝา

11. Washing หลังจากปิดฝาแล้ว นำมาผ่านการฉีดพ่นน้ำให้ทั่วตัวขวด ดังแสดงในรูปที่ 3.8 เพื่อทำการล้างภายนอกตัวขวดและฝาให้สะอาด

รูปที่ 3.8 การล้างทำความสะอาดขวด

12. Air blower เป่าลมร้อนจาก Air knife (เครื่องเป่าลม) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เพื่อทำให้น้ำที่เกาะติดที่ผิวขวดแห้งเพียงพอที่จะเข้าสู่กระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์และพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์

รูปที่ 3.9 การเป่าลมร้อน

13. Labeling ติดฉลากบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องติดฉลากตามข้อกำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การติดฉลากบรรจุภัณฑ์

14. Ink coding พิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนนี้เป็นการพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์จะระบุถึงวันที่ผลิต วันที่หมดอายุ เวลา และจำนวนหม้อในการผลิต ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยพิมพ์รหัสตามข้อกำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถสอบกลับเพื่อหาที่มาของผลิตภัณฑ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.11

รูปที่ 3.11 การพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์

15. Cap sealing ทำการหุ้มฝาโดยใช้เครื่อง shrink film ดังแสดงในรูปที่ 3.12 เพื่อเป็นการป้องกันว่าผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกเปิดก่อนถึงมือผู้บริโภค

รูปที่ 3.12 การหุ้มฝาโดยใช้ shrink film

16. Packing บรรจุสินค้าลงกล่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยใช้พนักงานทำการบรรจุสินค้าลงกล่องทีละขวด

รูปที่ 3.13 การบรรจุสินค้าลงกล่อง

17. Storaging จัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 3.14 เพื่อรอขนส่ง

รูปที่ 3.14 การจัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า

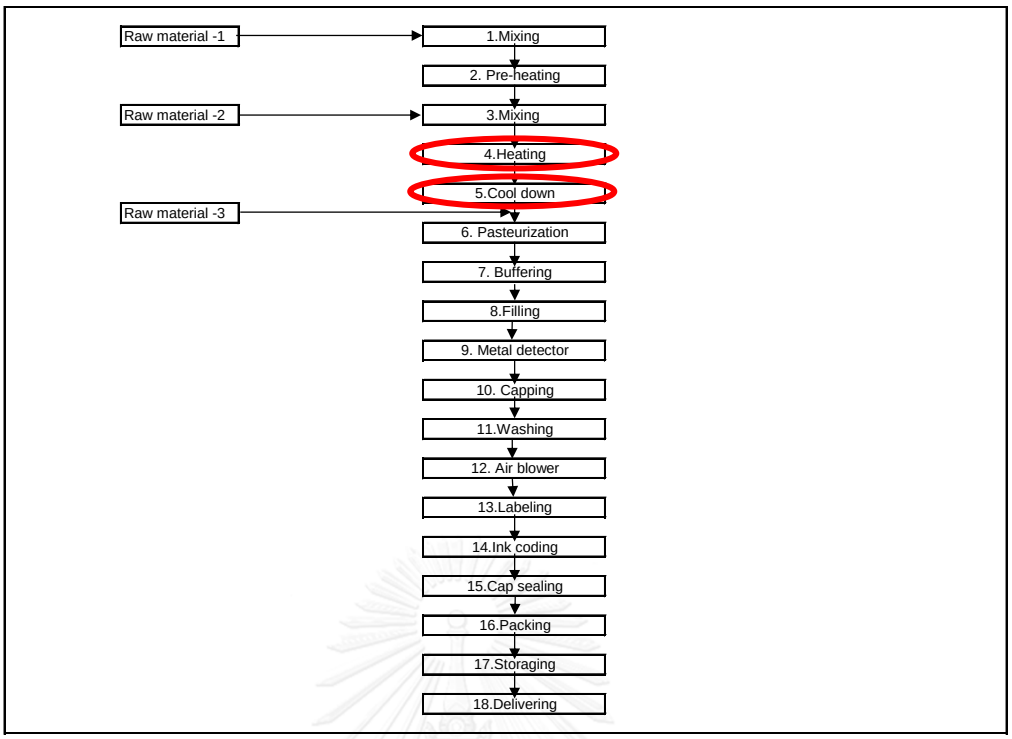
18. Delivering ขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกในสภาพอุณหภูมิปกติ

3.3 การนิยามปัญหา

ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มแต่ละชนิด ต้องผ่านขั้นตอนการผลิตเป็นลำดับขั้น โดยกระบวนการผลิตน้ำจิ้มถือเป็นระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow-Shop production system) ซึ่งระบบการผลิตแบบไหลผ่าน มีเครื่องจักรอุปกรณ์เฉพาะของแต่ละสายงาน เหมาะสำหรับการผลิตให้ได้ปริมาณมากและรวดเร็ว โดยแต่ละขั้นตอนต้องมีการไหลอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ขั้นตอนต่อไปสามารถดำเนินการต่อไปได้โดยไม่ติดขัด จากการเก็บข้อมูลในสายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา พบว่ามีเวลาสูญเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในขั้นตอนการ heating และ cool down (ดังแสดงในตารางที่ 3.1) เป็นเวลานานเมื่อเปรียบเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิต เนื่องจากอยู่ในขั้นตอนการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อส่งเข้ากระบวนการบรรจุและติดฉลากสินค้าต่อไป (ดังแสดงในรูปที่ 3.15) หากขั้นตอนนี้ติดขัดจะทำให้ขั้นตอนต่อไปไม่สามารถทำงานได้ ส่งผลให้เกิดความสูญเปล่าจากการรอคอย

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้ม

ลำดับ	กระบวนการ	เวลา (นาที)
1	การเตรียมน้ำเชื่อม	25
2	การต้มน้ำจิ้ม	41
3	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	51
4	การพาสเจอไรซ์	17



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนที่พบปัญหาในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

3.4 สรุประยะนิยามปัญหา

ในระยะนี้ได้ทำการจัดตั้งคณะทำงาน และศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้ม มุ่งเน้นเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยเลือกศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21 เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษาและมีกำลังการผลิตสูงสุด ซึ่งสาเหตุหลักของเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม คือ ต้องใช้เวลาในกระบวนการ heating และ cool down นาน จากข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 พบว่ามีเวลาสูญเสียเฉลี่ยเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคิดเป็น 62.63% ดังนั้นจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้ คือ ลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

บทที่ 4
การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase)

ในระยะนี้จะเก็บข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพปัญหา และเป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหาที่ทำให้เกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ก่อนที่จะเก็บข้อมูลจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด(Gauge R&R) ในการวัดระยะเวลาในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดให้ค่าที่น่าเชื่อถือ จากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อระดมสมอง (Brainstorming) หาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยอาศัยเครื่องมือทางสถิติ ได้แก่ ผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยการให้คะแนนเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัย (Cause and effect matrix) และทำการคัดกรองปัจจัยด้วยเทคนิคFailure mode and effect analysis (FMEA) เพื่อให้ได้ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

4.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัด

การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการแก้ไขปัญหาให้เกิดประสิทธิภาพนั้น ต้องมั่นใจว่าระบบการวัดมีความถูกต้องและมีเสถียรภาพที่ดี การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม และ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม โดยเครื่องมือที่ใช้ในระบบการผลิต ได้แก่ เครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) และเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder)

เนื่องจากระบบการผลิตน้ำจิ้มใช้ระบบปฏิบัติการควบคุมอัตโนมัติ โดยสามารถควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์และเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดและควบคุมให้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ทำงานตามขั้นตอนการทำงาน งานวิจัยนี้มีตัวชี้วัดงานวิจัย คือ ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ซึ่งคิดจากระยะเวลาที่เริ่มเตรียมน้ำเชื่อมจนกระทั่งต้มน้ำจิ้มเสร็จพร้อมที่จะเข้าสู่กระบวนการบรรจุ ซึ่งระยะเวลาในการผลิตน้ำจิ้มใช้ข้อมูลจากเวลาที่หน้าจอระบบปฏิบัติการควบคุมอัตโนมัติ โดยมีการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) และเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time

recorder) โดยโรงงานกรณีศึกษาได้มีการทวนสอบความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) ปีละครั้ง จากบริษัทที่ได้รับการรับรองมาตรฐานในการสอบเทียบเครื่องมือวัด และมีการทวนสอบความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder) ทุกวันก่อนเริ่มกระบวนการผลิต โดยสอบเทียบกับเวลามาตรฐานของประเทศไทย ซึ่งจากการเก็บข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือน ไม่มีค่าออกนอกการควบคุม และมีการสอบเทียบเครื่องมือวัดตามระบบ Good Manufacturing Practice (GMP) และHazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) ซึ่งโรงงานงานกรณีศึกษาได้รับการรับรองระบบคุณภาพจากหน่วยงานภายนอก (Third Party) ที่ได้รับการรับรองระบบตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจึงมีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4.2 การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า

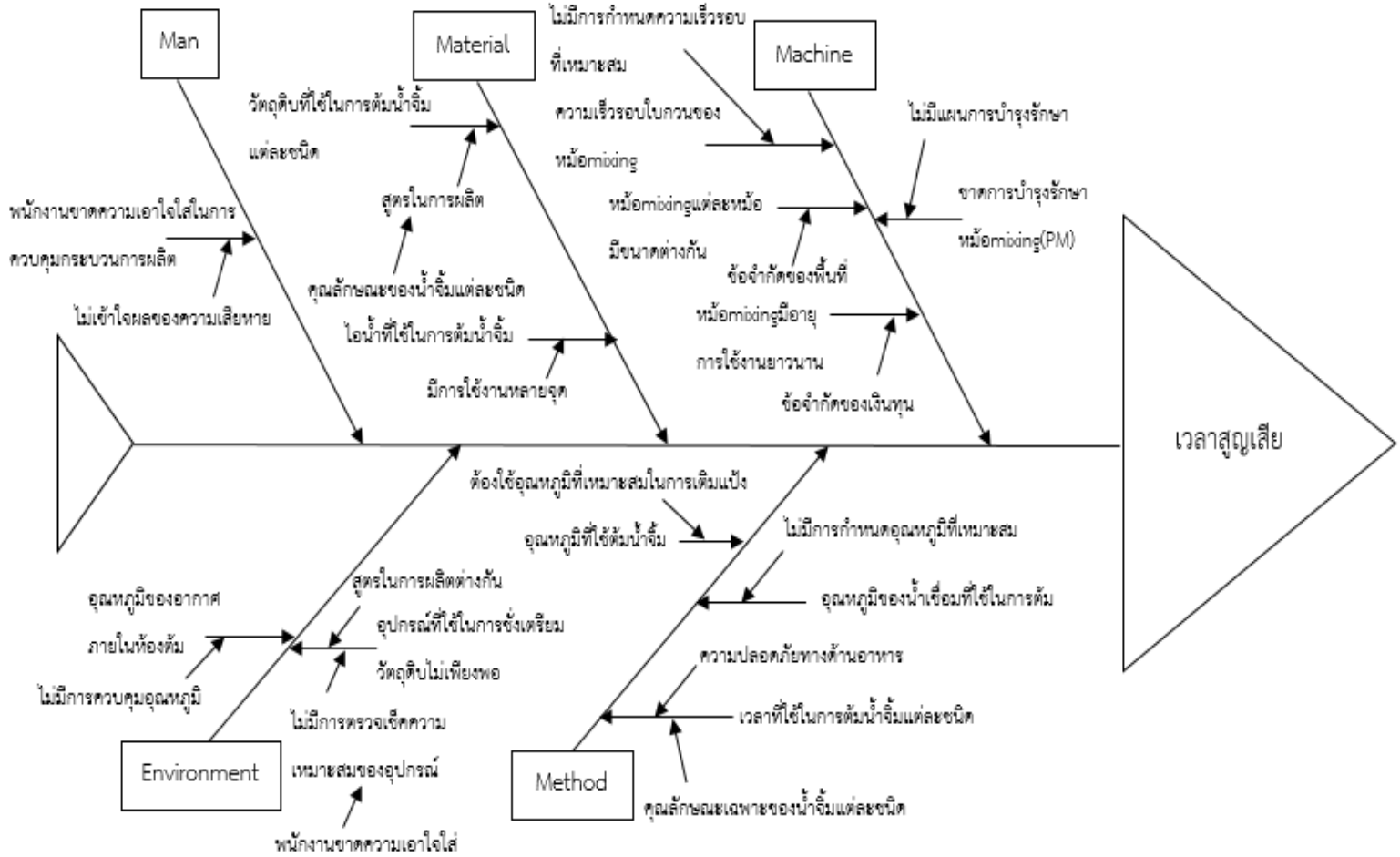
การระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าเป็นการหาสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ดำเนินการโดยระดมความคิดจากผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ ซึ่งประกอบไปด้วย หัวหน้าส่วนงานผลิต หัวหน้าส่วนงานวางแผนการผลิต หัวหน้าส่วนงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ หัวหน้าส่วนงานควบคุมคุณภาพ (ผู้วิจัย) และหัวหน้าส่วนงานประกันคุณภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

4.2.1 การหาปัจจัยโดยใช้แผนผังเหตุและผลหรือแผนภูมิก้างปลา (Cause & effect diagram)

การระดมความคิดโดยใช้แผนภูมิก้างปลา จะทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต แบ่งออกเป็น 5 หมวดหมู่ ดังนี้

- ปัจจัยที่เกิดจากพนักงาน (Man)
- ปัจจัยที่เกิดจากเครื่องจักร (Machine)
- ปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบ (Material)
- ปัจจัยที่เกิดจากวิธีการทำงาน (Method)
- ปัจจัยที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (Environment)

จากการระดมความคิดของสมาชิกในทีม สาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังเหตุและผล (Cause & effect diagram) แสดงสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

4.2.2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

จากการระดมสมองโดยใช้แผนภูมิก้างปลาจะได้ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตทั้งหมด 12 ปัจจัย จากนั้นนำปัจจัยเหล่านี้มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยใช้ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) มาใช้ในการกรองปัจจัยที่มีผลกระทบมาก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษารายละเอียดของปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 12 ปัจจัย จากนั้นนำข้อมูลของทั้ง 12 ปัจจัยมาใส่ในตาราง โดยให้สมาชิกทุกคนลงคะแนนให้ทุกปัจจัย ซึ่งการให้คะแนนขึ้นอยู่กับความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของแต่ละคน โดยการให้คะแนนของสมาชิกในทีมเป็นอิสระต่อกัน ไม่มีการปรึกษากัน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

   0 = ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนอง

   1 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองน้อย

   3 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองปานกลาง

   9 = มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนั้นกับตัวแปรตอบสนองมาก

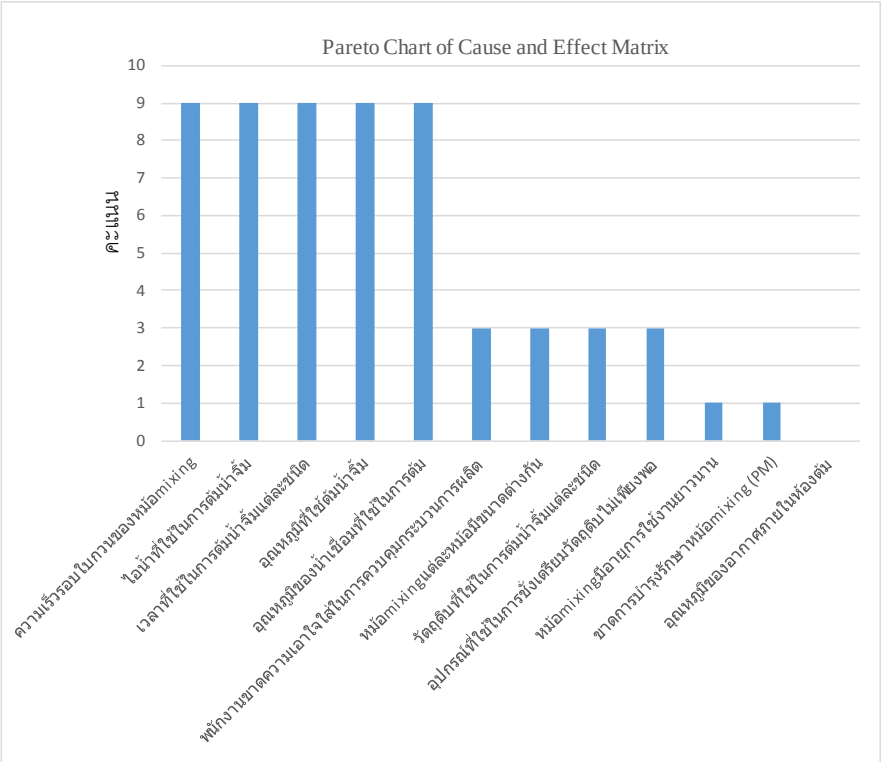
2. รวบรวมคะแนนที่ได้ทั้งหมดในแต่ละปัจจัย และพิจารณาทีละปัจจัยโดยมีเกณฑ์การสรุปการให้คะแนน ดังนี้

   - กรณีคะแนนอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน ได้แก่ 0-1, 0-3. 1-3 คะแนน จะสรุปคะแนนโดยพิจารณาจากคะแนนที่มีเสียงมากกว่าและให้คะแนนตามเสียงข้างมาก เช่น ปัจจัยที่1 มีการให้คะแนน 1 จำนวน 3 คน ให้คะแนน 3 จำนวน 2 คน จะสรุปให้ปัจจัยที่1 มีคะแนนเท่ากับ 1
   - กรณีคะแนนไม่เป็นไปในทางเดียวกัน เช่น 0-9, 1-9, 3-9 คะแนน จะสรุปคะแนนโดยการร่วมกันอภิปรายทีละข้อจนได้คะแนนครบทุกข้อ

3. ผู้วิจัยสรุปคะแนนที่ได้ทั้งหมดของแต่ละปัจจัยลงตารางแสดงสาเหตุและผล ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยโดยเรียงลำดับคะแนนจากมากไปน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัย

ลำดับ	กลุ่มปัจจัย	สาเหตุ	คะแนน				สรุป
			0	1	3	9	
1	Man	พนักงานขาดความเอาใจใส่ในการควบคุมกระบวนการผลิต	-	2	3	-	3
2	Machine	หม้อmixingแต่ละหม้อมีขนาดต่างกัน	-	1	4	-	3
3		หม้อmixingมีอายุการใช้งานยาวนาน	-	3	2	-	1
4		ขาดการบำรุงรักษาหม้อmixing (PM)	2	3	-	-	1
5		ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing	-	-	2	3	9
6	Material	วัตถุดิบที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	-	-	3	2	3
7		ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม	-	-	2	3	9
8	Method	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	-	-	2	3	9
9		อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	-	-	1	4	9
10		อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	-	1	1	3	9
11	Environment	อุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งเตรียมวัตถุดิบไม่เพียงพอ	-	2	3	-	3
12		อุณหภูมิของอากาศภายในห้องต้ม	3	2	-	-	0



รูปที่ 4.2 แผนภูมิพาเรโตเรียงตามคะแนนความสัมพันธ์ (Cause and Effect Matrix)

จากแผนภูมิพาเรโตรูปที่ 4.2 มีจำนวนทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม และอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม ที่มีคะแนนความสัมพันธ์สูงสุดเท่ากับ 9 คะแนน จึงนำ 5 ปัจจัยนี้ไปทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure mode and effect analysis, FMEA) ในขั้นตอนต่อไป

4.2.3 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ จะนำปัจจัยทั้ง 5 ปัจจัย มาทำการศึกษาลักษณะข้อบกพร่องของปัจจัยต่างๆ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อคัดกรองให้ได้ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม นำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการต่อไป การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเป็นการประเมินค่าความเสี่ยง (Risk) นำค่าที่ประเมินได้ในแต่ละตัวมาคูณกัน โดยอาศัยตัวเลขประเมินลำดับก่อนหลังของความเสี่ยง (Risk priority number : RPN) ดังนี้

- Severity (S) คือ ความรุนแรงของผลกระทบ พิจารณาจากผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเวลาในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม มีเกณฑ์การให้คะแนน 1-10 ดังนี้

1 คือ ความรุนแรงน้อยที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น

10 คือ ความรุนแรงมากที่สุดของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหาขึ้น

- Occurrence (O) คือ โอกาสในการเกิดปัญหา พิจารณาจากความเป็นไปได้ในการเกิดสาเหตุของข้อบกพร่อง มีเกณฑ์การให้คะแนน 1-10 ดังนี้

  1 คือ ความถี่น้อยที่สุดของการเกิดความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

  10 คือ ความถี่มากที่สุดของการเกิดความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

- Detection (D) คือ ความสามารถในการตรวจจับปัญหา พิจารณาจากคุณสมบัติด้านความสามารถของระบบการควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน มีเกณฑ์การให้คะแนน 1-10 ดังนี้

  1 คือ ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่ดีที่สุด

  10 คือ ความสามารถในการตรวจจับปัญหาที่แย่ที่สุด

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องร่วมกันโดยทีมผู้วิจัย ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่เป็นข้อสรุปร่วมกัน ดังตารางที่ 4.2 เรียงลำดับคะแนนค่า RPN จากมากไปน้อย ดังตารางที่ 4.3 และนำไปสร้างแผนภาพพาเรโตเรียงตามค่า RPN ของแต่ละปัจจัย ดังรูปที่ 4.3

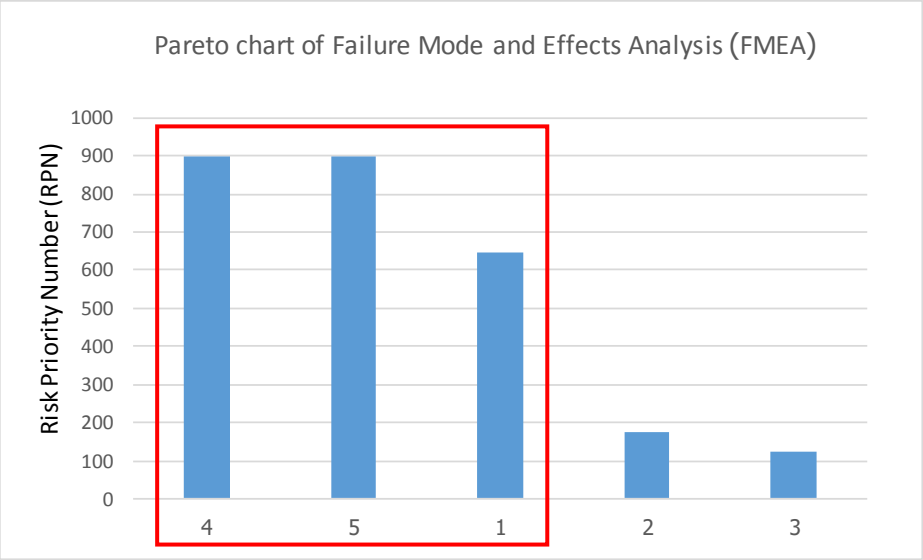
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

ลำดับที่	สภาพการขัดข้องที่เป็นไปได้ Failure Mode	ผลกระทบที่เป็นไปได้	S	สาเหตุขัดข้องที่เป็นไปได้	O	การควบคุมในปัจจุบัน	D	RPN	ข้อแนะนำการแก้ไข
1	ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing	ทำให้ใช้เวลาในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่เท่ากัน	8	ไม่มีการกำหนดความเร็วรอบที่เหมาะสม	9	ใช้อัตราเร็วจากการทดลองเดินเครื่องจักรเมื่อเริ่มติดตั้ง	9	648	กำหนดความเร็วรอบที่เหมาะสม
2	ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม	ทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มเพิ่มขึ้นช้า	7	มีการใช้งานหลายพื้นที่	5	ใช้ตามข้อจำกัดของหม้อ mixing	5	175	ตรวจสอบความเพียงพอของไอน้ำที่จะใช้งาน
3	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	ใช้เวลาในการต้มน้ำจิ้มไม่เท่ากัน	5	คุณลักษณะเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์	5	ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์	5	125	ปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
4	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	ใช้เวลาในการต้มน้ำจิ้มไม่เท่ากัน	9	คุณลักษณะเฉพาะของแต่ละผลิตภัณฑ์	10	ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์	10	900	ปรับปรุงกระบวนการให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์
5	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	ใช้เวลาในการต้มน้ำจิ้มไม่เท่ากัน	9	ไม่มีการกำหนดอุณหภูมิที่เหมาะสม	10	ใช้การสังเกตว่าน้ำเชื่อมละลายเข้ากันดี	10	900	กำหนดอุณหภูมิที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ FMEA เรียงลำดับปัจจัยตามค่า RPN

ลำดับที่	สาเหตุของปัญหา	ค่าRPN
4	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	900
5	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	900
1	ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing	648
2	ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม	175
3	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	125



รูปที่ 4.3 แผนภูมิพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของค่า RPN

Chulalongkorn University

ในการคัดเลือกสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโตจัดลำดับของค่า RPN พบว่า 89.1% ของคะแนนรวมทั้งหมด มี 3 ปัจจัยที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing

4.3 สรุประยะตรวจวัดปัญหา

ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งจำแนกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การวิเคราะห์ระบบการวัดและการหาสาเหตุหลักของปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องแม่นยำของระบบการวัด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดให้ค่าที่เชื่อถือได้ การวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม และ ระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม โดยเครื่องมือที่ใช้ในระบบการผลิต คือ เครื่อง

บันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) และเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder) ซึ่งทุกเครื่องมือวัดได้รับการสอบเทียบตามระบบ GMP และHACCP ซึ่งโรงงานงานกรณีศึกษาได้รับการรับรองระบบคุณภาพนี้ ดังนั้นการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจึงมีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากนั้นหาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ด้วยการระดมสมองจากทีมงานที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ แล้วนำมาวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิก้างปลา พบว่ามีสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด 12 ปัจจัย จากนั้นนำทั้ง 12 ปัจจัยมาคัดกรองโดยตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) ให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ ทำให้เหลือ 5 ปัจจัย จากนั้นนำ 5 ปัจจัย ไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure mode and effect analysis, FMEA) เพื่อคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยเรียงลำดับความสำคัญจากคะแนน RPN พบว่ามีปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing จากนั้นนำทั้ง 3 ปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองเหล่านี้ไปวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างแท้จริงในบทต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase)

ในบทนี้จะเป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกจากบทที่ 4 ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing มาหาปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง โดยการทดสอบทางสถิติว่าปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกมามีผลอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ โดยทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k

5.1 ปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อหาสาเหตุของปัญหา สามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่อาจส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต มีจำนวน 3 ปัจจัย ดังนี้

1. ความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing
2. อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม
3. อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม

เนื่องจากปัจจัยนำเข้าที่นำมาทดสอบสมมติฐานมีเพียง 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยกำหนดให้มีเพียง 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ(-1) และระดับสูง(+1) ดังนั้น ในการเลือกรูปแบบการทดลองที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k (Full fractional factorial design) แบบ 1 เรพลิเคต (ดังแสดงในตารางที่ 5.1) มาใช้ในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญและการมีอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง เนื่องด้วยในการทดลองแต่ละครั้งต้องใช้ทรัพยากรและเวลาจำนวนมาก และหากเกิดของเสียขึ้นจากการทดลองจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ตลอดจนการทดลองจะต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตจริง เมื่อทำการทดลองเพียง 1 เรพลิเคต วิธีการหนึ่งที่จะสามารถช่วยในการวิเคราะห์ คือ การสมมติให้ผลของปัจจัยร่วมที่อยู่ในขั้นสูง (high order) มีค่าน้อยและตัดทิ้งได้ แนวคิดนี้มาจากหลักการของผลที่มีนัยสำคัญจะเกิดจากปัจจัยจำนวนน้อย กล่าวคือ ผลที่มีต่อระบบส่วนมากจะเป็นผลที่มาจากผลหลักและผลของปัจจัยร่วมที่อยู่ในขั้นต่ำ (Montgomery. D.C. 2008)

ตารางที่ 5.1 ปัจจัยและระดับในการทดลอง 2^3 Factorial design

สัญลักษณ์	ปัจจัย	หน่วย	ระดับของปัจจัย	
			ต่ำ(-1)	สูง(1)
A	ความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing	RPM	30	45
B	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	°C	70	80
C	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	°C	85	90

5.2 ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองในการทดลอง คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยคิดจากระยะเวลาที่เริ่มเตรียมน้ำเชื่อมจนกระทั่งกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เสร็จสมบูรณ์ และคุณภาพของน้ำจิ้มผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ ค่าของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย มีค่าระหว่าง 38 - 42 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 3.40 - 3.80 ค่าความหนืดของน้ำจิ้ม มีค่าระหว่าง 0.0035 – 0.0045 เมตรต่อวินาที และผลการทดสอบทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ Total Plate Count น้อยกว่า $1x10^4$ CFU/g, Coliform & E.Coli น้อยกว่า 3 MPN/g, Yeast & Mold น้อยกว่า 10 CFU/g และ Staphylococcus aureus ไม่พบใน 0.1g

5.3 ปัจจัยควบคุม

การควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการทดลอง แต่ไม่ต้องการศึกษาผลของปัจจัยเหล่านั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากผลของปัจจัยเหล่านั้นอาจส่งผลกระทบต่อผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งปัจจัยที่ทำการควบคุมในการทดลองนี้ ได้แก่

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21 อาทิเช่น พริกดอง น้ำตาล กระเทียม เป็นต้น จะต้องมาจาก Supplier เดียวกัน ล็อตเดียวกัน เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดจากวัตถุดิบ
2. หม้อ Mixing ที่ใช้ในการทดลอง จะต้องเป็นหม้อ Mixing ใบเดียวกันตลอดการทดลอง เพื่อควบคุมความผันแปรที่เกิดจากเครื่องจักรและอุปกรณ์
3. ในการปรับตั้งค่า Steam จะต้องใช้เท่ากับ 3 บาร์ ตลอดการทดลอง
4. ปริมาณ Batch size ในการต้มเท่ากับ 1,600 kg ตลอดการทดลอง

5.4 การออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k มีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. การสุ่ม (Randomization) เป็นการทดลองที่ลำดับของการทดลองในแต่ละการทดลองเป็นแบบสุ่ม เพื่อลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อการทดลอง ซึ่งในการออกแบบการทดลองนี้ใช้การสุ่มลำดับการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 17
2. จำนวนการทดลอง (Runs) ในการทดลองนี้ มีปัจจัย 3 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ทำการทดลอง 1 เรพลิเคต เนื่องจากการทดลองจะต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตจริง ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้ในแต่ละวัน ดังนั้นจึงมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง

5.5 ผลการทดลอง

ผลการทดลองศึกษาปัจจัยที่แท้จริงที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

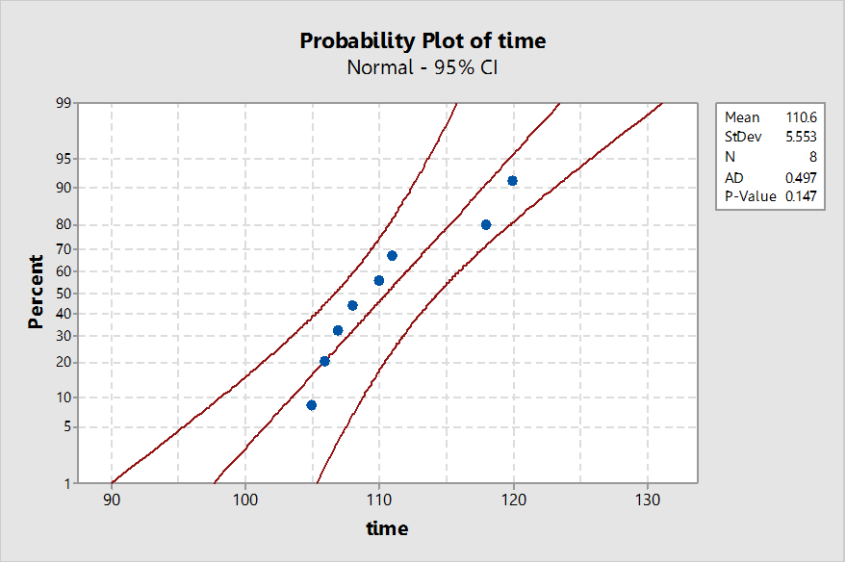
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	Time (min)
3	1	1	1	30	80	85	118
4	2	1	1	45	80	85	120
1	3	1	1	30	70	85	108
7	4	1	1	30	80	90	105
5	5	1	1	30	70	90	111
6	6	1	1	45	70	90	110
8	7	1	1	45	80	90	106
2	8	1	1	45	70	85	107

5.6 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (Model Adequacy Checking) ซึ่งมีสมมติฐานในการตรวจสอบ 3 ข้อ ได้แก่ สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระ และสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล ทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab 17 โดยมีเงื่อนไขการตรวจสอบ ดังนี้

5.6.1 สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ

การทดสอบนี้ทำเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ (Normal Probability Plot) คือ ข้อมูลมีการกระจายตัวในลักษณะหรือแนวโน้มใกล้เคียงหรือเป็นเส้นตรง โดยนำค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของตัวแปรตอบสนองมาพล็อตกราฟ หากกราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีค่า P-value มากกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติได้กราฟดังรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง มีค่า P-value เท่ากับ 0.147 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ

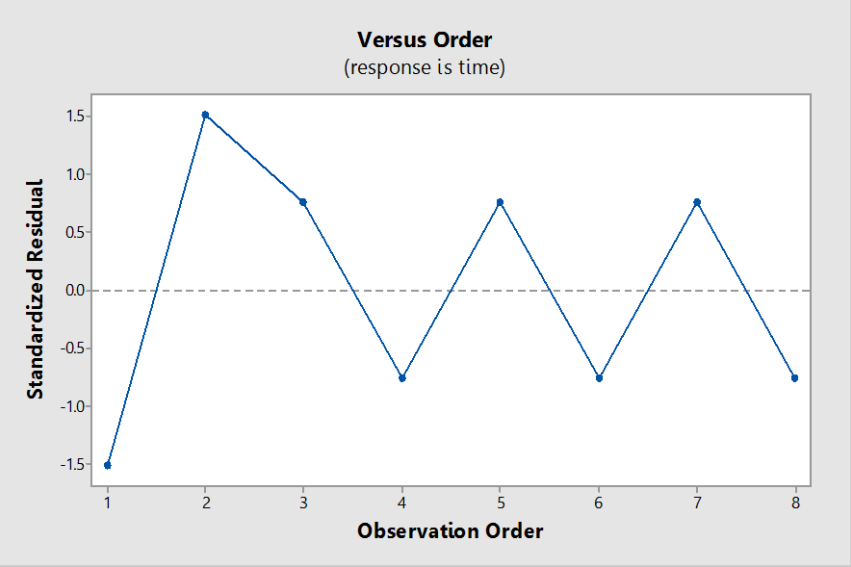


รูปที่ 5.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ

5.6.2 สมมติฐานความเป็นอิสระ

การทดสอบนี้ทำเพื่อทดสอบว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนตกค้างกับลำดับในการทดลอง หากกราฟที่ได้มีการกระจายตัวแบบไม่มี

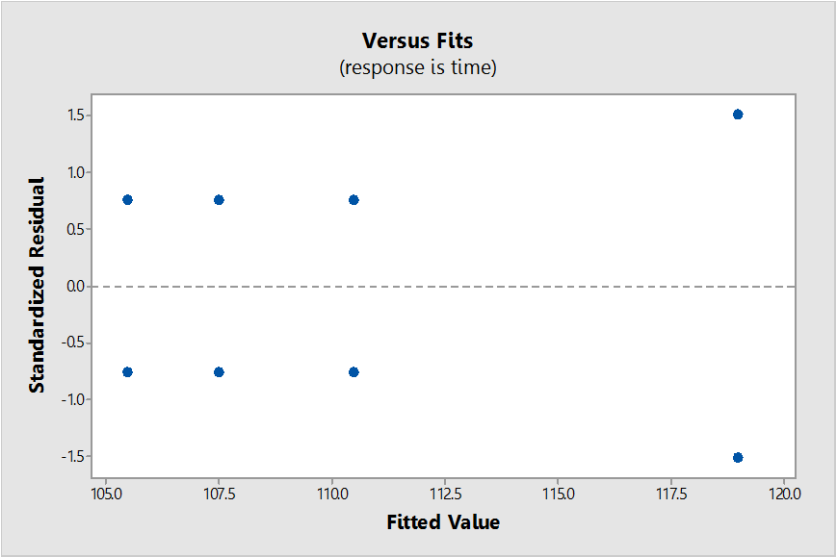
รูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน ผลการทดสอบความเป็นอิสระได้กราฟดังรูปที่ 5.2 จะเห็นได้ว่ากราฟไม่มีรูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 5.2 ผลการทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ

5.6.3 สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

การทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล ทำโดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย หากกราฟที่ได้มีการกระจายตัวแบบไม่มีรูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม และช่วงความกว้างของข้อมูลค่อนข้างคงที่ สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูลได้กราฟดังรูปที่ 5.3 จะเห็นได้ว่ากราฟไม่มีรูปแบบที่แน่ชัด และมีช่วงความกว้างของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

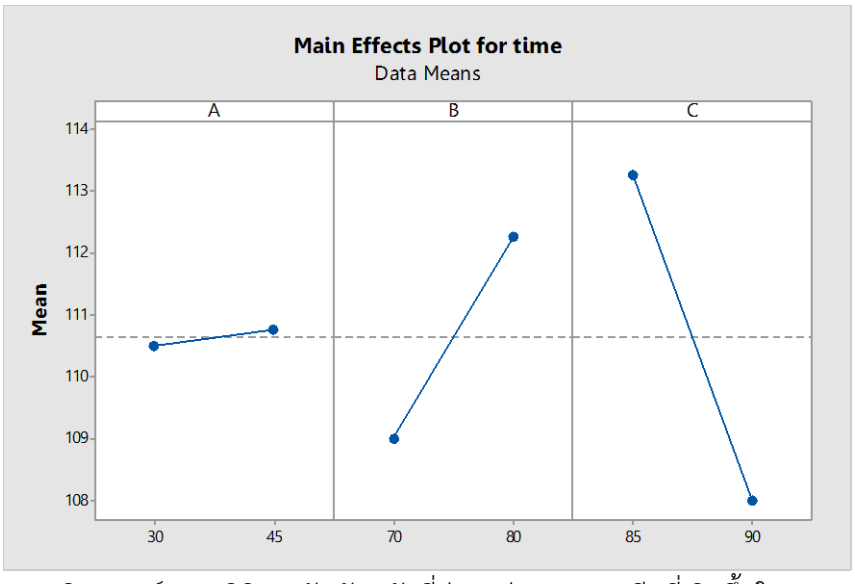


รูปที่ 5.3 ผลการทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

จากการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล สรุปได้ว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติได้

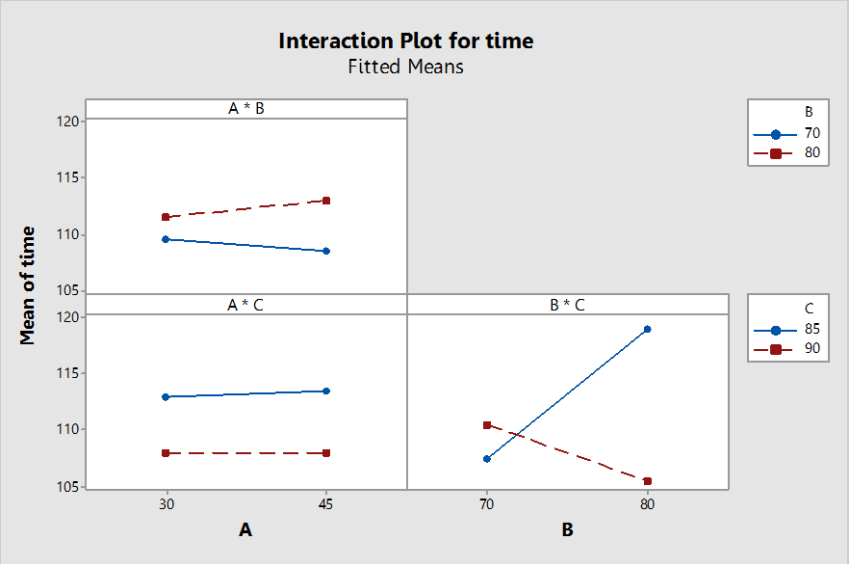
5.7 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 5.2 มาวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 17 ดังแสดงในรูปที่ 5.4 รูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

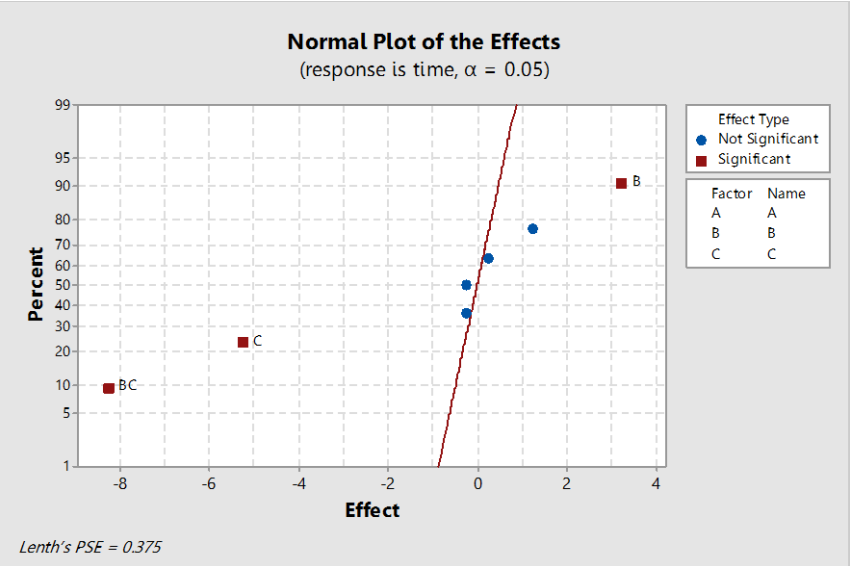
จากรูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พิจารณาจากกราฟ Main Effects Plot จะสรุปได้ว่าปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ Main effect ของอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม (ปัจจัย B) เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มเปลี่ยนจากระดับต่ำไปเป็นระดับสูงส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น และ Main effect ของอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม (ปัจจัย C) เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้มเปลี่ยนจากระดับต่ำไปเป็นระดับสูงส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลง



รูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอันตรกิริยาของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอันตรกิริยาของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พิจารณาจากกราฟ Interaction Plot จะสรุปได้ว่าอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ Interaction effect ของอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มและอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม (ปัจจัย B*C) เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มเปลี่ยนจากระดับต่ำไปเป็นระดับสูงที่อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 85 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ใช้ในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มเปลี่ยนจากระดับต่ำไปเป็นระดับสูงที่อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตลดลง



รูปที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 5.6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต พิจารณาจากกราฟ Normal Plot จะสรุปได้ว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากรูปจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบจากปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัจจัย B และ C คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม และผลกระทบของปัจจัยร่วม BC จึงสรุปได้ว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่แท้จริงมี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม ซึ่งจะนำปัจจัยหลักเหล่านี้ไปทำการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

Chulalongkorn University

5.8 สรุประยะการวิเคราะห์ปัญหา

ระยะการวิเคราะห์ปัญหา เป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติต่างๆ มาทดสอบสมมติฐานโดยออกแบบและทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม โดยทำการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่แท้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% มี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม ซึ่งจะนำปัจจัยเหล่านี้ไปทำการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

บทที่ 6
การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

เมื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่แท้จริงที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งมี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม นำปัจจัยทั้ง 2 นี้มาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยทำการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design: CCD) เป็นการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยให้มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด จากนั้นทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง วิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ และสรุปค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการ

6.1 ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

ปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกและทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยในระยะการวิเคราะห์หาปัจจัยที่แท้จริง มี 2 ปัจจัย ดังนี้

1. อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม
2. อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม

นำทั้ง 2 ปัจจัย มาออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (CCD) โดยกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลองจากค่าที่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการผลิตจริง ดังแสดงในตารางที่ 6.1

Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.1 ปัจจัยและระดับในการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

สัญลักษณ์	ปัจจัย	หน่วย	ระดับของปัจจัย		
			ต่ำ(-1)	กลาง(0)	สูง(1)
B	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	°C	70	75	80
C	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	°C	85	87.5	90

6.2 ตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองในการทดลอง คือ เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต โดยคิดจากระยะเวลาที่เริ่มเตรียมน้ำเชื่อมจนกระทั่งกระบวนการพาสเจอร์ไรส์เสร็จสมบูรณ์ และคุณภาพของน้ำจิ้มผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ได้แก่ ค่าของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลาย มีค่าระหว่าง 38 - 42 องศาบริกซ์ ค่า

ความเป็นกรด-ด่าง มีค่าระหว่าง 3.40 - 3.80 และค่าความหนืดของน้ำจิ้ม มีค่าระหว่าง 0.0035 – 0.0045 เมตรต่อวินาที และผลการทดสอบทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ Total Plate Count น้อยกว่า $1x10^4$ CFU/g, Coliform & E.Coli น้อยกว่า 3 MPN/g, Yeast & Mold น้อยกว่า 10 CFU/g และ Staphylococcus aureus ไม่พบใน 0.1g

6.3 การออกแบบการทดลอง

ในขั้นตอนนี้ใช้การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง มีปัจจัย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง ดังนี้

1. การสุ่ม (Randomization) เป็นการทดลองที่ลำดับของการทดลองในแต่ละการทดลองเป็นแบบสุ่ม เพื่อลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจส่งผลต่อการทดลอง ซึ่งในการออกแบบการทดลองนี้ใช้การสุ่มลำดับการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab 17
2. จำนวนการทดลอง (Runs) ในการทดลองนี้ มีปัจจัย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ทำการทดลอง 1 เรพลิเคต เนื่องจากการทดลองจะต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตจริง ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้ในแต่ละวัน ดังนั้นจึงมีจำนวนการทดลองทั้งหมด 13 การทดลอง

6.4 ผลการทดลอง

ผลการทดลองศึกษาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยที่ทำให้ใช้เวลาในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด แสดงในตารางที่ 6.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองปัจจัยที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยที่ทำให้ใช้เวลาในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	B	C	Time (min)
10	1	0	1	75	87.5	80
12	2	0	1	75	87.5	83
9	3	0	1	75	87.5	71
7	4	-1	1	75	84.0	82
1	5	1	1	70	85	94
8	6	-1	1	75	91.0	70
11	7	0	1	75	87.5	85
13	8	0	1	75	87.5	72
5	9	-1	1	67.9	87.5	107
6	10	-1	1	82.1	87.5	77
3	11	1	1	70	90	79
2	12	1	1	80	85	91
4	13	1	1	80	90	73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

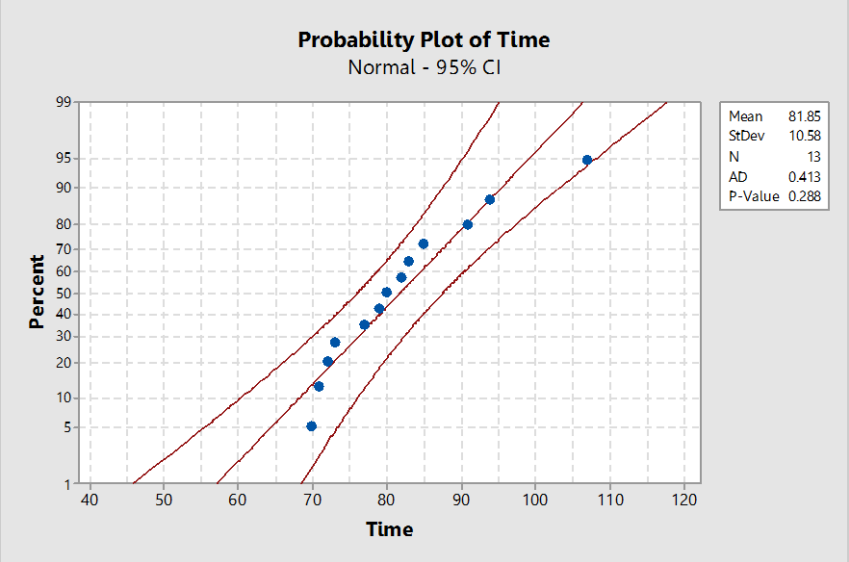
6.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนทำการวิเคราะห์ผลการทดลองต้องตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (Model Adequacy Checking) ซึ่งมีสมมติฐานในการตรวจสอบ 3 ข้อ ได้แก่ สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ สมมติฐานความเป็นอิสระ และสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล ทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab 17 โดยมีเงื่อนไขการตรวจสอบ ดังนี้

6.5.1 สมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ

การทดสอบนี้ทำเพื่อทดสอบการแจกแจงของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ (Normal Probability Plot) คือ ข้อมูลมีการกระจายตัวในลักษณะหรือแนวโน้มใกล้เคียงหรือเป็นเส้นตรง โดยนำค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของตัวแปรตอบสนองมาพล็อตกราฟ หากกราฟที่ได้มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีค่า P-value มากกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีการ

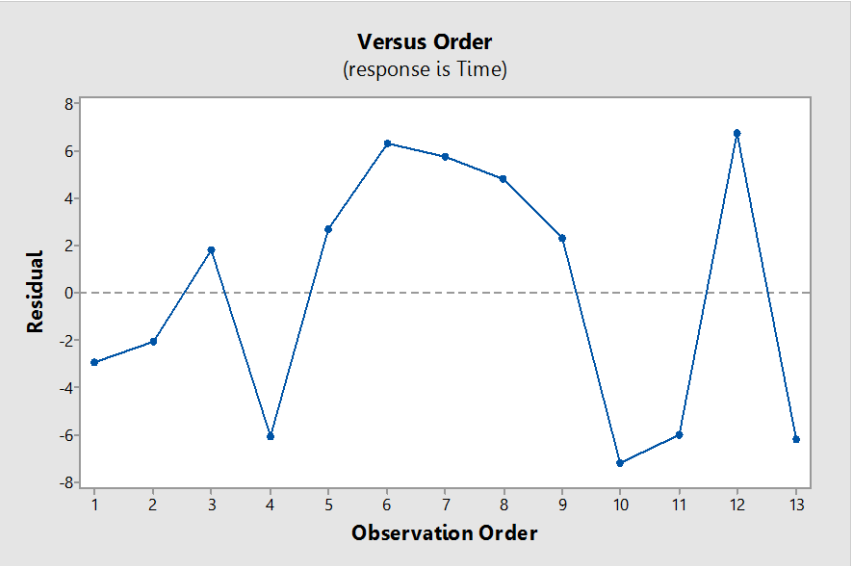
แจกแจงแบบปกติ ผลการทดสอบการแจกแจงแบบปกติได้กราฟดังรูปที่ 6.1 จะเห็นได้ว่ากราฟมีแนวโน้มเป็นเส้นตรง มีค่า P-value เท่ากับ 0.288 จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 6.1 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงแบบปกติ

6.5.2 สมมติฐานความเป็นอิสระ

การทดสอบนี้ทำเพื่อทดสอบว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนตกค้างกับลำดับในการทดลอง หากกราฟที่ได้มีการกระจายตัวแบบไม่มีรูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน ผลการทดสอบความเป็นอิสระได้กราฟดังรูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่ากราฟไม่มีรูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน

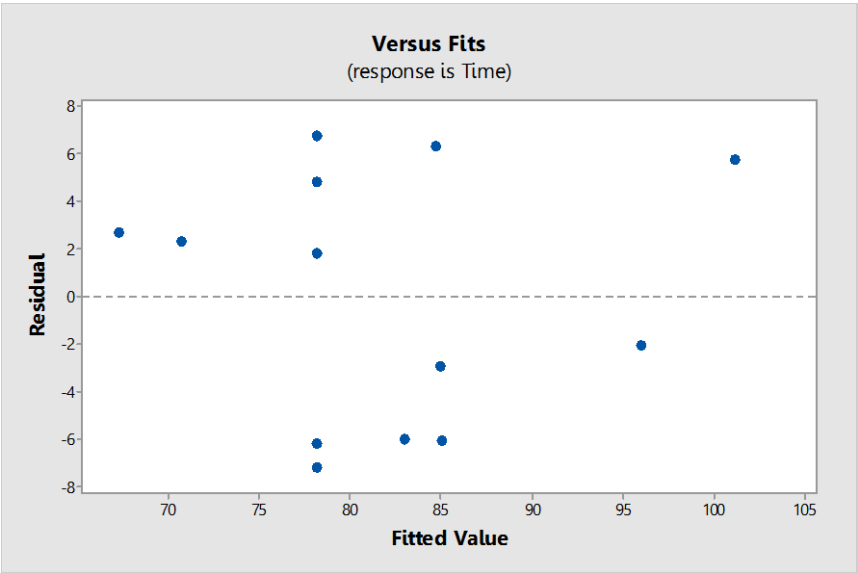


รูปที่ 6.2 ผลการทดสอบสมมติฐานความเป็นอิสระ

6.5.3 สมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

การทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล ทำโดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนองที่ได้จากตัวแบบถดถอย หากกราฟที่ได้มีการกระจายตัวแบบไม่มีรูปแบบ ไม่มีแนวโน้ม และช่วงความกว้างของข้อมูลค่อนข้างคงที่ สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ผลการทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูลได้กราฟดังรูปที่ 6.3 จะเห็นได้ว่ากราฟไม่มีรูปแบบที่แน่ชัด และมีช่วงความกว้างของข้อมูลค่อนข้างคงที่ จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

Chulalongkorn University



รูปที่ 6.3 ผลการทดสอบสมมติฐานความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล

จากการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติ มีความเป็นอิสระต่อกัน และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนข้อมูล สรุปได้ว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติได้

6.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 6.2 มาวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติด้วยโปรแกรม Minitab 17 ดังแสดงในรูปที่ 6.4

Response Surface Regression: Time versus B, C

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	5	1008.98	201.797	4.22	0.043
Linear	2	642.72	321.358	6.72	0.023
B	1	330.58	330.584	6.91	0.034
C	1	312.13	312.132	6.53	0.038
Square	2	364.02	182.009	3.81	0.076
B*B	1	337.23	337.227	7.05	0.033
C*C	1	7.49	7.488	0.16	0.704
2-Way Interaction	1	2.25	2.250	0.05	0.834
B*C	1	2.25	2.250	0.05	0.834
Error	7	334.71	47.815		
Lack-of-Fit	3	171.91	57.303	1.41	0.363
Pure Error	4	162.80	40.700		
Total	12	1343.69			

Model Summary

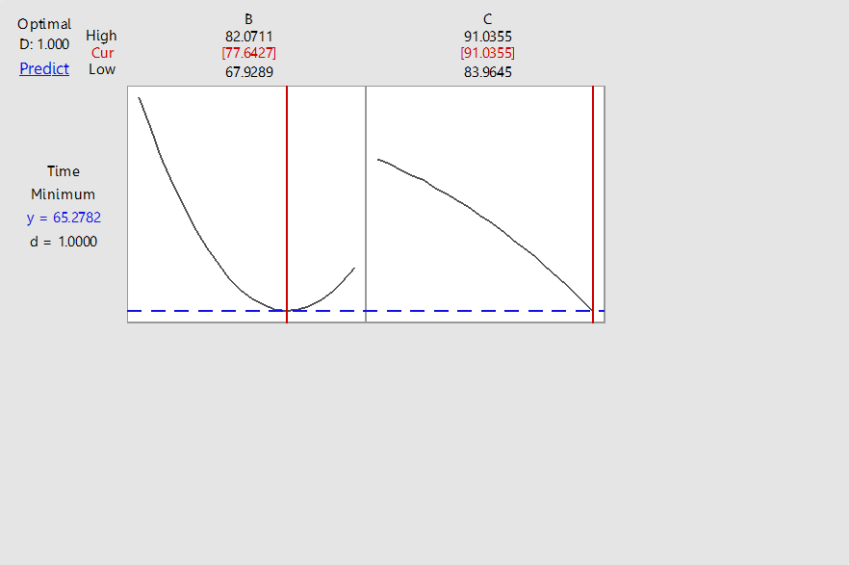
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
6.91487	75.09%	57.30%	0.00%

รูปที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต

จากรูปที่ 6.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิต พิจารณาจากค่า P-value หากค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 จะสรุปได้ว่าปัจจัยนั้นส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากรูปจะเห็นได้ว่ามีผลกระทบจากปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย B และ C คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม

ตารางที่ 6.3 ระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสม

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้า	ระดับที่เหมาะสม	หน่วย
1	อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	77.6	°C
2	อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	91.0	°C



รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 ปัจจัย สรุปได้ว่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้อยที่สุด คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส ดังแสดงในตารางที่ 6.3 และรูปที่ 6.5

6.7 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งมี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม นำปัจจัยทั้ง 2 นี้มาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยทำการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (CCD) มีปัจจัย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ทำการทดลอง 1 เรพลิเคต มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 13 การทดลอง จากการทดลองพบว่าปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างมีนัยสำคัญ โดยระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส

บทที่ 7
การควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

การควบคุมกระบวนการเป็นระยะสุดท้ายของการปรับปรุงกระบวนการตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา หลังจากที่ได้วิธีการปรับปรุงแล้ว ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาปฏิบัติจริงในกระบวนการผลิต เพื่อยืนยันและวิเคราะห์ผลหลังการปรับปรุง โดยจะจัดทำมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานที่ได้ปรับปรุงขึ้นมา รวมทั้งแผนควบคุมซึ่งจะระบุถึงสิ่งที่ต้องควบคุมและเครื่องมือวิธีการในการควบคุมกระบวนการ เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุงจะอยู่อย่างยั่งยืน

7.1 ข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต

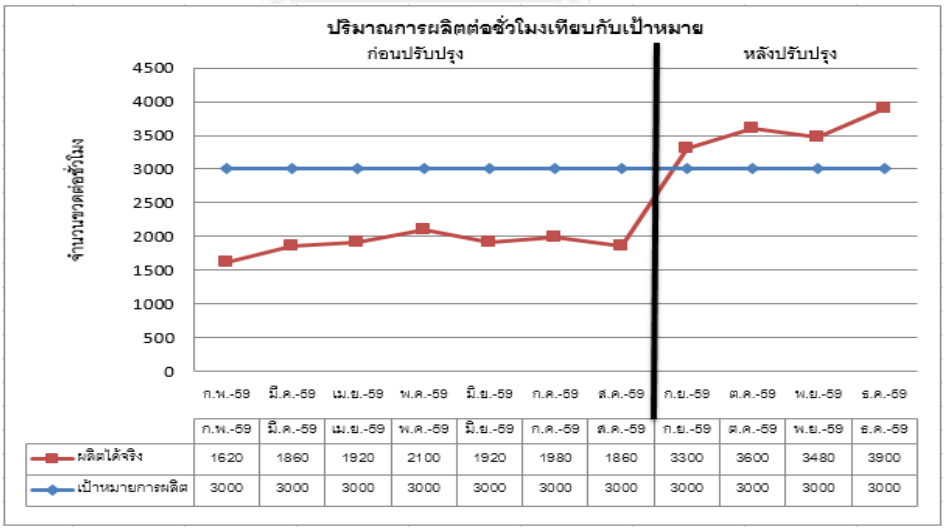
ในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาปฏิบัติจริงในกระบวนการผลิต โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มใหม่ โดยปรับตั้งค่าพารามิเตอร์อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มเป็น 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้มเป็น 91.0 องศาเซลเซียส ที่หน้าจอควบคุมกระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 7.1 จากนั้นทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มหลังการปรับปรุงกระบวนการเปรียบเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ ดังแสดงในตารางที่ 7.1 พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลง 47.76% จาก 134 นาที ลดลงเหลือ 70 นาที สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเฉลี่ยได้ 36.25 ตันต่อเดือน คิดเป็นมูลค่า 1,100,000 บาทต่อเดือน

รูปที่ 7.1 การปรับตั้งค่าพารามิเตอร์และหน้าจอควบคุมกระบวนการผลิต

ตารางที่ 7.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ

ลำดับ	กระบวนการ	เวลา (นาที)	
		ก่อนปรับปรุงกระบวนการ	หลังปรับปรุงกระบวนการ
1	การเตรียมน้ำเชื่อม	25	22
2	การต้มน้ำจิ้ม	41	33
3	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	51	0
4	การพาสเจอไรซ์	17	15
	รวม	134	70

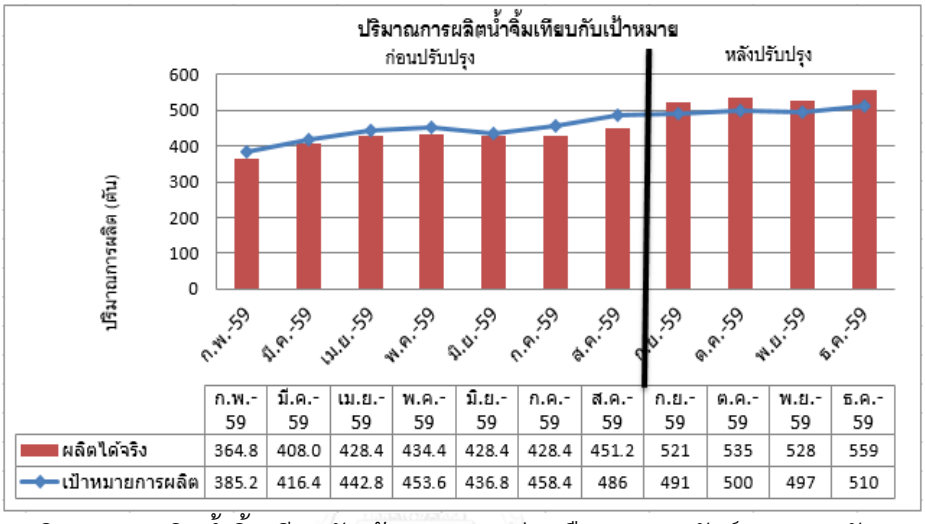
จากตารางที่ 7.1 พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มหลังจากการปรับปรุงกระบวนการมีค่าลดลง โดยกระบวนการเตรียมน้ำเชื่อมใช้เวลาลดลง 3 นาที กระบวนการต้มน้ำจิ้มใช้เวลาลดลง 8 นาที กระบวนการลดอุณหภูมิน้ำจิ้มใช้เวลาลดลง 51 นาที และกระบวนการพาสเจอไรซ์ใช้เวลาลดลง 2 นาที รวมเวลาที่ใช้ในกระบวนการต้มน้ำจิ้มลดลง 64 นาที คิดเป็น 47.76 % สามารถสรุปได้ว่าหลังการปรับปรุงกระบวนการสามารถตัดขั้นตอนการลดอุณหภูมิน้ำจิ้มซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิตออกไปได้



รูปที่ 7.2 ปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงเทียบกับเป้าหมาย ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – ธันวาคม 2559

จากรูปที่ 7.2 จะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 น้อยกว่าเป้าหมายในทุกเดือน ซึ่งมีสาเหตุหลักมา

จากการเกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำแนวทางของซิกซ์ ซิกมา มาใช้หาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุงและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยนำหลักการลีนมาประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม พบว่าหลังทำการปรับปรุงกระบวนการ คือ เดือน กันยายน 2559 – ธันวาคม 2559 ปริมาณการผลิตต่อชั่วโมงหลังทำการปรับปรุงกระบวนการเพิ่มขึ้นมากกว่าเป้าหมายเฉลี่ย 570 ขวดต่อชั่วโมง คิดเป็น 19 %



	ก.พ.-59	มี.ค.-59	เม.ย.-59	พ.ค.-59	มิ.ย.-59	ก.ค.-59	ส.ค.-59	ก.ย.-59	ต.ค.-59	พ.ย.-59	ธ.ค.-59
ผลิตได้จริง	364.8	408.0	428.4	434.4	428.4	428.4	451.2	521	535	528	559
เป้าหมายการผลิต	385.2	416.4	442.8	453.6	436.8	458.4	486	491	500	497	510

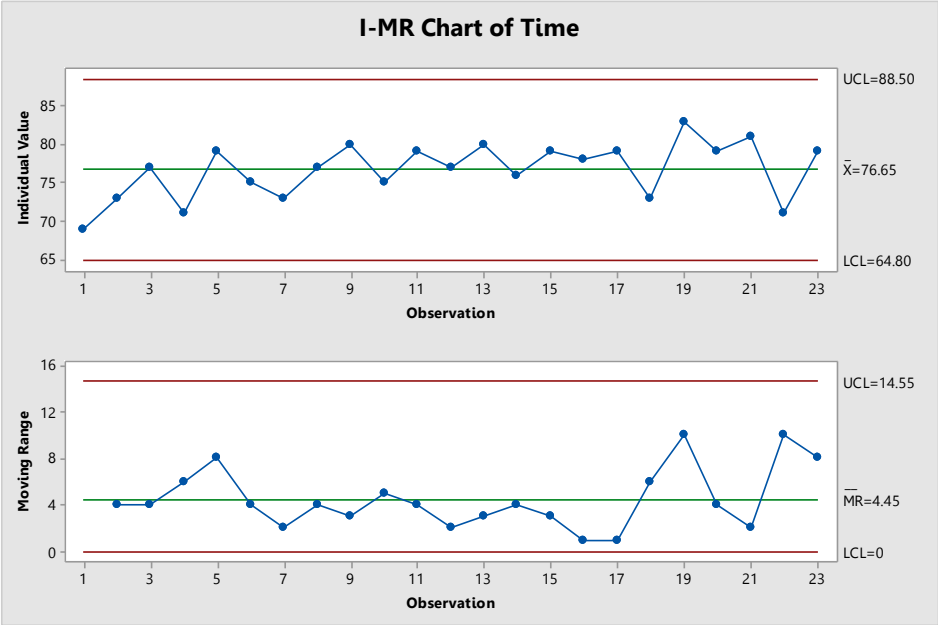
รูปที่ 7.3 ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเทียบกับเป้าหมายระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – ธันวาคม 2559

จากรูปที่ 7.3 จะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิตน้ำจิ้มระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 มีปริมาณการผลิตน้ำจิ้มต่ำกว่าเป้าหมายการผลิตทุกเดือน ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการ พบว่าหลังทำการปรับปรุงกระบวนการ คือ เดือน กันยายน 2559 – ธันวาคม 2559 ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเพิ่มขึ้นมากกว่าเป้าหมายเฉลี่ย 36.25 ตัน คิดเป็น 7.3 % ทำให้สามารถจัดส่งสินค้าได้ทันตามกำหนดเวลาที่ลูกค้าต้องการ

7.2 การกำหนดแผนควบคุม

แผนภูมิควบคุม เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการควบคุมความผันแปรของกระบวนการเพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการอยู่ในการควบคุม มีความสม่ำเสมอและคงที่ และสามารถดำเนินต่อไปโดยให้ผลตามที่ต้องการ ทีมผู้วิจัยได้นำแผนภูมิควบคุมมาประยุกต์ใช้ในการติดตามเฝ้าดูกระบวนการ โดยแผนภูมิควบคุมจะมีขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่างในการตรวจจับข้อมูลและเป็นสัญญาณแจ้งเตือนความผิดปกติของกระบวนการ ผลจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำจิ้มโดย

ปรับเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิต พบว่าเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มอยู่ภายใต้การควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 76.65 นาที ดังแสดงในรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 แผนภูมิควบคุม I-MR ของเวลาในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21

7.3 แนวทางการควบคุมระดับของปัจจัย

จากผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตทำให้สามารถลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มได้ และเพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ดีขึ้นหลังการปรับปรุงจะอยู่อย่างยั่งยืน จึงมีแนวทางในการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เป็นไปตามที่ได้ศึกษาและทดลองแล้ว ซึ่งปัจจัยที่ต้องควบคุม ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม

7.3.1 อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม

อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม เป็นปัจจัยที่สามารถปรับตั้งค่าตามที่ต้องการได้ โดยตั้งค่าที่ต้องการที่หน้าจอระบบปฏิบัติการควบคุมอัตโนมัติของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มซอส (Temp recorder) โดยปรับตั้งค่าอุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้มเป็น 77.6 องศาเซลเซียส

7.3.2 อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม

อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม เป็นปัจจัยที่สามารถปรับตั้งค่าตามที่ต้องการได้ โดยตั้งค่าที่ต้องการที่หน้าจอระบบปฏิบัติการควบคุมอัตโนมัติของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มซอส (Temp recorder) โดยปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้มเป็น 91.0 องศาเซลเซียส

สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้มให้เป็นไปตามที่กำหนดนั้นจะต้องมีการจัดทำเอกสารเพื่อเป็นแนวทางและระเบียบในการปฏิบัติงาน และป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปฏิบัติตามคู่มือการปฏิบัติงาน ซึ่งระบุไว้ในเอกสารคู่มือการปฏิบัติงาน ดังแสดงในตารางที่ 7.2 และรูปที่ 7.5

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	1/7

1) สถานที่

ฝ่ายผลิต ส่วนงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

2) วัตถุประสงค์

เป็นขั้นตอนในการปฏิบัติงานในการควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ถูกต้อง และปลอดภัยต่อผู้บริโภค

3) ขอบเขต

ใช้กับพนักงานหน่วยงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้มที่มีหน้าที่รับผิดชอบในส่วนงานผลิตน้ำจิ้ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	2/7

ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

1. Mixing ในขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมน้ำเชื่อมของน้ำจิ้มแต่ละชนิด โดยพนักงานจะผสมวัตถุดิบ Raw material-1 ผ่านเครื่องผสมลงในถังเตรียมน้ำเชื่อม (Syrup tank)

2. Pre-heating ให้ความร้อนแก่สารละลายน้ำเชื่อม ที่อุณหภูมิ 77.6 องศาเซลเซียส เพื่อละลายส่วนผสมเข้าด้วยกัน จากนั้นปั๊มน้ำเชื่อมไปยังถังผสม (Mixing tank)

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	3/7

3. Mixing ผสมวัตถุดิบ Raw material-2 ในถังผสม (Mixing tank) โดยเปิดใบพัดกวนเพื่อให้ส่วนผสมเข้ากัน

4. Heating ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 91.0 องศาเซลเซียส ตามเวลาที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์
5. Pasteurization ให้ความร้อนเพื่อทำการฆ่าเชื้อ โดยคุมอุณหภูมิที่ 85 องศาเซลเซียส และเวลาตามที่กำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์
6. Buffering พักผลิตภัณฑ์ในถังพัก (Buffer tank) เพื่อรอบรรจุ โดยควบคุมอุณหภูมิซอสขณะบรรจุ และ/หรือ เปิดใบพัดกวนเพื่อช่วยกระจายความร้อนอย่างทั่วถึง

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	4/7

7. Filling บรรจุผลิตภัณฑ์ลงในภาชนะบรรจุขนาดต่างๆ โดยมีการปรับความเร็วและปริมาตรการบรรจุให้เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์และควบคุมอุณหภูมิในการบรรจุ

8. Metal detector เป็นขั้นตอนในการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของเศษโลหะที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ เช่น เหล็ก สแตนเลส ทองแดง เป็นต้น ก่อนทำการปิดฝาขวด

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	5/7

9. Capping ปิดฝาขวดด้วยเครื่องปิดฝาภายหลังจากผ่านเครื่อง metal detector

10. Washing หลังจากปิดฝาแล้ว นำมาผ่านการฉีดพ่นน้ำให้ทั่วตัวขวด เพื่อทำการล้างภายนอกตัวขวดและฝาให้สะอาด

11. Air blower เป่าลมร้อนจาก Air knife (เครื่องเป่าลม) เพื่อทำให้น้ำที่เกาะติดที่ผิวขวดแห้งเพียงพอที่จะเข้าสู่กระบวนการติดฉลากบรรจุภัณฑ์และพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	6/7

12. Labeling ติดฉลากบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องติดฉลากตามข้อกำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์

13. Ink coding พิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์ ขั้นตอนนี้เป็นการพิมพ์รหัสลงบนบรรจุภัณฑ์จะระบุถึงวันที่ผลิต วันที่หมดอายุ เวลา และจำนวนหม้อในการผลิต ของแต่ละผลิตภัณฑ์ โดยพิมพ์รหัสตามข้อกำหนดของแต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อให้สามารถสอบกลับเพื่อหาที่มาของผลิตภัณฑ์ได้

ตารางที่ 7.2 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม (ต่อ)

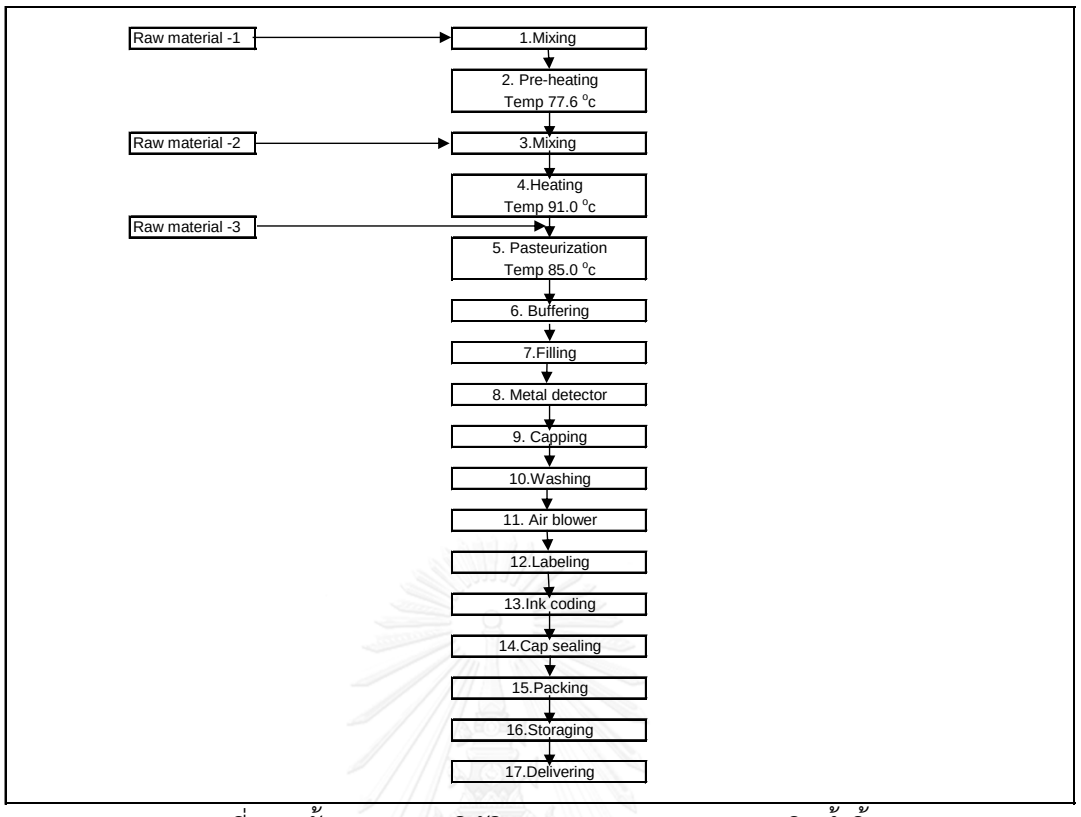
Work Instruction **ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม**	**หมายเลขเอกสาร**	**หน้า**
	WI.PD.001	7/7

14. Cap sealing ทำการหุ้มฝาโดยใช้เครื่อง shrink film เพื่อเป็นการป้องกันว่าผลิตภัณฑ์จะไม่ถูกเปิดก่อนถึงมือผู้บริโภค

15. Packing บรรจุสินค้าลงกล่อง โดยใช้พนักงานทำการบรรจุสินค้าลงกล่องทีละขวด

16. Storaging จัดเก็บสินค้าในคลังสินค้า เพื่อรอขนส่ง

17. Delivering ขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุกในสภาพอุณหภูมิปกติ



รูปที่ 7.5 ขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

โดยมีแนวทางกำหนดให้พนักงานทุกคนปฏิบัติ ดังนี้

1. จัดทำคู่มือขั้นตอนการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้มและการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น การปรับตั้งค่าอุณหภูมิของน้ำเชื่อม การปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม เป็นต้น
2. อบรมพนักงานให้ตระหนักและเข้าใจถึงการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง
3. พนักงานควบคุมกระบวนการผลิต ตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ก่อนกระบวนการผลิตทุกครั้ง และมีการทวนสอบความถูกต้องในการปฏิบัติงานโดยหัวหน้างานอยู่เสมอ

7.4 สรุประยะการควบคุมกระบวนการ

จากการดำเนินงานนำปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่ได้จากการทดลองมาปฏิบัติจริง และนำแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาไปใช้ในกระบวนการผลิต และทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มเป็นเวลา 30 วัน พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที คิด

เป็น 47.76% สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำจิ้มได้ 30 ตันต่อเดือน คิดเป็นมูลค่า 1,100,000 บาทต่อเดือน และสามารถตัดขั้นตอนการลดอุณหภูมิน้ำจิ้มซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดเวลาสูญเสียขึ้นในกระบวนการผลิตออกไปได้ พร้อมทั้งได้กำหนดแนวทางในการปฏิบัติงานให้พนักงานทุกคนปฏิบัติโดยจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานควบคุมกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม จัดฝึกอบรมให้พนักงานให้ตระหนักและเข้าใจถึงการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการควบคุมกระบวนการผลิตให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 8
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เสนอและนำแนวคิดซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น (Define Phase) การวัดสภาพปัญหา (Measure Phase) การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze Phase) การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase) และการควบคุมกระบวนการ (Control Phase) มาประยุกต์ใช้ในการลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

ผลจากการดำเนินงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา ทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม ซึ่งจากการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง พบว่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส จาการเก็บข้อมูลหลังกระบวนการผลิต พบว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที คิดเป็น 47.76% สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเฉลี่ยได้ 36.25 ตันต่อเดือน คิดเป็นมูลค่า 1,100,000 บาทต่อเดือน โดยมีบทสรุปในแต่ละขั้นตอนดังนี้

8.1 บทสรุประยะนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น

ในขั้นตอนการนิยามปัญหาที่เกิดขึ้น ได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้มและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นของโรงงานกรณีศึกษา กำหนดปัญหาและขอบเขตในการวิจัย คือ ปริมาณการผลิตน้ำจิ้มในแต่ละเดือนน้อยกว่าเป้าหมายที่วางแผนไว้ โดยเลือกศึกษากระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21 ซึ่งสาเหตุหลักของเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม คือ ต้องใช้เวลาในกระบวนการ heating และ cool down นาน จากข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ.2559 พบว่ามีเวลาสูญเสียเฉลี่ยเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคิดเป็น 62.63% ดังนั้นจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้คือศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม

8.2 บทสรุประยะการวัดสภาพปัญหา

ระยะการวัดสภาพปัญหาเป็นระยะที่อธิบายสภาพปัญหา และหาข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหา เริ่มด้วยการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม และ ระยะเวลาที่ใช้

ในการต้มน้ำจิ้ม โดยเครื่องมือที่ใช้ในระบบการผลิต ได้แก่ เครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) และเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder) ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีการสอบเทียบเครื่องมือวัดตามระบบGood Manufacturing Practice (GMP) และ Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) และได้รับการรับรองระบบคุณภาพจากหน่วยงานภายนอก (Third Party) ที่ได้รับการรับรองระบบตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการวิเคราะห์ความแม่นยำและความเที่ยงของระบบการวัดของระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตจึงมีความน่าเชื่อถือ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จากนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อระดมสมองหาปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลกระทบต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม โดยใช้แผนภูมิก้างปลาทำให้ได้ปัจจัยเริ่มต้นทั้งหมด 12 ปัจจัย จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยการให้คะแนนเพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยทำให้เหลือ 5 ปัจจัย และนำปัจจัยที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วมาคัดกรองปัจจัยด้วยเทคนิค Failure mode and effect analysis (FMEA) เรียงลำดับความสำคัญจากคะแนน RPN ทำให้ได้ปัจจัยที่คาดว่าอาจส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing

8.3 บทสรุประยะการวิเคราะห์ปัญหา

ระยะการวิเคราะห์ปัญหา เป็นการนำปัจจัยที่ผ่านการคัดกรองด้วยเครื่องมือทางสถิติต่างๆ ในระยะการวัดสภาพปัญหามาหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โดยออกแบบและทำการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2^k เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตอย่างแท้จริง โดยมีปัจจัยนำเข้าทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ความเร็วรอบใบกวนของหม้อ mixing อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม โดยทำการทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง ผลการทดลองพบว่ามี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม ที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตที่แท้จริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

8.4 บทสรุประยะการปรับปรุงกระบวนการ

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งมี 2 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม นำปัจจัยทั้ง 2 นี้มาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ โดยทำการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (CCD) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในแต่ละปัจจัยให้มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด โดยมีปัจจัย 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ ทำการทดลอง 1 เรพลิเคต มีจำนวนการทดลองทั้งหมด 13 การทดลอง จากการ

ทดลองพบว่าปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยระดับของปัจจัยที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม 77.6 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 91.0 องศาเซลเซียส

8.5 บทสรุประยะการควบคุมกระบวนการ

ระยะควบคุมกระบวนการผลิต เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการดำเนินงานตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา โดยนำระดับของปัจจัยนำเข้าที่เหมาะสมทั้งหมดที่ได้จากผลการทดลองมาปฏิบัติจริง และนำแนวทางที่ใช้ในการแก้ปัญหาไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำการเก็บข้อมูลเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มเป็นเวลา 30 วัน พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตน้ำจิ้มลดลงจาก 134 นาที เหลือ 70 นาที คิดเป็น 47.76% สามารถเพิ่มปริมาณการผลิตน้ำจิ้มเฉลี่ยได้ 36.25 ตันต่อเดือน คิดเป็นมูลค่า 1,100,000 บาทต่อเดือน พร้อมทั้งได้กำหนดแนวทางในการปฏิบัติงานให้พนักงานทุกคนปฏิบัติ และจัดฝึกอบรมให้พนักงานให้ตระหนักและเข้าใจถึงการควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และกระบวนการทำงานที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการควบคุมกระบวนการผลิตให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มน้อยที่สุด

8.6 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย

ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัย มีดังนี้

1. การทดลองต้องทำควบคู่ไปกับการผลิตจริงในกระบวนการผลิต ทำให้ต้องหาช่วงเวลาเพื่อแทรกการทดลอง และเสียเวลาในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการทดลองค่อนข้างนาน
2. เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรและเวลาในการทำการทดลอง ส่งผลให้ต้องทำการทดลองควบคู่ไปกับการผลิตจริงในกระบวนการผลิต จึงทำการทดลองได้เพียง 1 เรพลิเคต (ไม่มีการทดลองซ้ำ) ทำให้ข้อมูลที่ได้ในการวิเคราะห์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย

8.7 ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงและลดเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตร SCS-TRI21 วิธีการดังกล่าวนี้ควรนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตน้ำจิ้มสูตรต่างๆ

2. งานวิจัยนี้ศึกษาถึงเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตน้ำจิ้มในขั้นตอนการ heating และ cool down แนวทางการวิจัยนี้อาจนำไปประยุกต์ในใช้การแก้ปัญหาเวลาสูญเสียที่เกิดขั้นในขั้นตอนอื่นๆ ในกระบวนการผลิตได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Breyfogle III, F. W. (2003). Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods, John Wiley & Sons.

M. Hatami et al (2015). "Experimental optimization of the vanes geometry for a variable geometry turbocharger (VGT) using a Design of Experiment (DoE) approach." Journal of Energy Conversion and Management 106.

Ramasamy, S. (2009). Total Quality Management. India, Tata McGraw-Hill.

Russell, R. S. T. I., Bernard W, (2011). Operation Management. NJ, John Wiley & Sons (Asia).

Swink, M. e. a. (2011). Managing Operations Across the Supply Chain. NY, McGraw-Hill.

Verma, R. B., Kenneth K, (2008). Operation & Supply Chain Management. China, China Translation & Printing Services Limited.

กมลรัตน์ ศรีสังข์สุข (2552). การลดความสูญเปล่าโดยลีน ซิก ซิกมาในกระบวนการผลิตสายเคเบิลขนาดเล็ก. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

เกียรติขจร โฆมานะสิน (2550). Lean : วิถีแห่งการสร้างคุณค่าสู่องค์กรที่เป็นเลิศ. กรุงเทพมหานคร, สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ.

จรัล ทรัพย์เสรี (2009). Q Production.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ชลลญา โชติเวทธำรง (2549). การลดเวลาสูญเสียในการผลิตของโรงงานไอศกรีม. สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ (2557). การปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา.

ปรียาวดี ผลเอนก (2556). การจัดการคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปารเมศ ชุติมา (2545). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาควิชาสถิติ (2556). หลักสถิติ Principles of Statistics. กรุงเทพมหานคร, ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง.

วรภัทร์ ภู่เจริญ และคณะ (2546). ชำแหละ Six Sigma. กรุงเทพมหานคร, บริษัท อริยชน จำกัด.

วรรณวิจักขณ์ (2557). แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารไทยปี 2557. อุตสาหกรรมสาร. กรุงเทพมหานคร , บริษัท ซี แอด โปรโมชั่น จำกัด.

วรรณวิจักขณ์ (2559). แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารปี 2559 - 2560. อุตสาหกรรมสาร. กรุงเทพมหานคร, บริษัท ซี แอด โปรโมชั่น จำกัด.

วาสนา ช่อมะลิ (2555). การลดเวลาสูญเสียของเครื่องผสมยางจากยางติดประตูปล่อยยาง. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา (2555). จุลินทรีย์ในอาหาร.

วิโรจน์ ลักขณาอดิศร (2552). ลีนอย่างไรสร้างกำไรให้องค์กร = Profitable Lean Manufacturing. กรุงเทพมหานคร, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สุพรรษา พลแก้ว (2549). การลดเวลานำในการผลิต:กรณีศึกษาของผลิตภัณฑ์กีฬาทางน้ำ. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

อภิญญา ตากสกุล (2552). การลดความสูญเปล่าของกระบวนการติดตั้งระบบก๊าซรถยนต์ตามหลักลีนซิก ซิกม่า. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต.

อัธยา กังสุวรรณ (2553). คู่มือ ด้านจุลินทรีย์.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ข้อมูลระยะนิยามปัญหา

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
1 ก.พ. 2559	32	29	59	21
2 ก.พ. 2559	37	32	34	30
3 ก.พ. 2559	22	34	51	18
4 ก.พ. 2559	37	30	45	21
5 ก.พ. 2559	25	33	57	17
6 ก.พ. 2559	25	31	43	17
8 ก.พ. 2559	28	37	82	22
9 ก.พ. 2559	30	34	44	21
10 ก.พ. 2559	30	42	58	20
11 ก.พ. 2559	23	31	30	27
12 ก.พ. 2559	27	32	39	20
16 ก.พ. 2559	28	33	76	19
17 ก.พ. 2559	34	29	72	23
18 ก.พ. 2559	20	31	64	22
19 ก.พ. 2559	32	32	45	21
20 ก.พ. 2559	36	37	40	26
24 ก.พ. 2559	36	29	39	18
25 ก.พ. 2559	32	32	28	21
26 ก.พ. 2559	30	31	66	19
27 ก.พ. 2559	52	29	47	20
29 ก.พ. 2559	50	27	58	29

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
1 มี.ค. 2559	31	29	88	25
2 มี.ค. 2559	32	29	33	22
3 มี.ค. 2559	26	33	71	20
4 มี.ค. 2559	42	50	58	21
7 มี.ค. 2559	32	48	36	17
8 มี.ค. 2559	28	36	19	21
9 มี.ค. 2559	26	30	15	18
10 มี.ค. 2559	31	36	38	19
11 มี.ค. 2559	31	33	54	17
15 มี.ค. 2559	31	43	74	18
16 มี.ค. 2559	31	42	45	19
17 มี.ค. 2559	33	44	20	22
18 มี.ค. 2559	31	30	28	17
19 มี.ค. 2559	33	30	49	22
22 มี.ค. 2559	32	29	20	25
23 มี.ค. 2559	29	30	28	21
24 มี.ค. 2559	29	37	43	22
25 มี.ค. 2559	35	50	41	19
28 มี.ค. 2559	38	31	67	18
29 มี.ค. 2559	32	31	45	19
30 มี.ค. 2559	29	31	37	22
31 มี.ค. 2559	35	31	59	23

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
1 เม.ย. 2559	34	33	46	21
2 เม.ย. 2559	38	31	46	19
5 เม.ย. 2559	29	33	80	29
6 เม.ย. 2559	40	32	74	24
7 เม.ย. 2559	27	29	62	25
8 เม.ย. 2559	25	29	69	21
9 เม.ย. 2559	32	35	65	26
11 เม.ย. 2559	25	38	89	27
12 เม.ย. 2559	28	32	47	29
18 เม.ย. 2559	23	40	62	22
19 เม.ย. 2559	27	49	62	25
20 เม.ย. 2559	25	41	83	26
21 เม.ย. 2559	28	48	61	21
22 เม.ย. 2559	29	48	76	22
23 เม.ย. 2559	32	49	68	24
25 เม.ย. 2559	25	47	44	26
26 เม.ย. 2559	27	44	40	17
27 เม.ย. 2559	27	45	48	27
28 เม.ย. 2559	26	43	41	25
29 เม.ย. 2559	25	47	67	18
30 เม.ย. 2559	33	46	50	25

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
3 พ.ค. 2559	30	41	55	28
4 พ.ค. 2559	32	48	45	23
5 พ.ค. 2559	29	32	59	18
9 พ.ค. 2559	25	31	58	25
10 พ.ค. 2559	29	29	47	28
11 พ.ค. 2559	30	27	93	21
12 พ.ค. 2559	26	38	38	22
13 พ.ค. 2559	39	27	52	25
16 พ.ค. 2559	27	41	59	27
17 พ.ค. 2559	33	32	42	17
18 พ.ค. 2559	38	35	47	23
19 พ.ค. 2559	25	27	78	21
20 พ.ค. 2559	28	28	61	28
21 พ.ค. 2559	32	30	42	17
25 พ.ค. 2559	28	27	48	17
26 พ.ค. 2559	25	35	39	27
27 พ.ค. 2559	28	33	29	21
28 พ.ค. 2559	37	32	27	27

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
1 มิ.ย. 2559	29	38	35	16
2 มิ.ย. 2559	32	34	37	23
3 มิ.ย. 2559	31	37	33	25
6 มิ.ย. 2559	29	24	35	27
7 มิ.ย. 2559	27	37	26	25
8 มิ.ย. 2559	29	29	45	21
9 มิ.ย. 2559	29	24	39	17
10 มิ.ย. 2559	33	23	53	16
14 มิ.ย. 2559	44	47	79	17
15 มิ.ย. 2559	29	35	29	23
16 มิ.ย. 2559	31	26	34	25
17 มิ.ย. 2559	29	27	76	18
21 มิ.ย. 2559	39	24	58	18
22 มิ.ย. 2559	28	32	55	19
23 มิ.ย. 2559	27	26	68	20
24 มิ.ย. 2559	24	42	37	25
27 มิ.ย. 2559	29	32	53	22
28 มิ.ย. 2559	28	28	73	27
29 มิ.ย. 2559	26	26	69	23
30 มิ.ย. 2559	35	38	41	28

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
4 ก.ค. 2559	30	34	31	21
5 ก.ค. 2559	27	32	38	22
6 ก.ค. 2559	25	30	65	20
7 ก.ค. 2559	32	37	81	20
8 ก.ค. 2559	27	34	71	18
12 ก.ค. 2559	25	27	73	17
13 ก.ค. 2559	39	33	40	23
14 ก.ค. 2559	37	33	40	17
15 ก.ค. 2559	35	27	40	22
18 ก.ค. 2559	31	31	48	24
19 ก.ค. 2559	24	29	62	25
20 ก.ค. 2559	32	44	57	27
21 ก.ค. 2559	32	26	53	21
22 ก.ค. 2559	28	45	37	26
25 ก.ค. 2559	26	25	60	20
26 ก.ค. 2559	38	37	49	22
27 ก.ค. 2559	34	33	41	26
28 ก.ค. 2559	32	25	50	17
29 ก.ค. 2559	30	27	41	18

ตารางที่ ก.1 ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำจิ้ม ระหว่างเดือน กุมภาพันธ์ 2559 – สิงหาคม 2559 (ต่อ)

วันที่	เวลาที่ใช้ในกระบวนการ (นาที)			
	การเตรียมน้ำเชื่อม	การต้มน้ำจิ้ม	การลดอุณหภูมิน้ำจิ้ม	การพาสเจอไรซ์
1 ส.ค. 2559	37	30	36	23
2 ส.ค. 2559	34	29	53	22
3 ส.ค. 2559	27	35	62	20
4 ส.ค. 2559	33	30	34	25
5 ส.ค. 2559	33	34	33	17
8 ส.ค. 2559	29	31	26	25
9 ส.ค. 2559	28	49	69	16
10 ส.ค. 2559	32	47	52	16
11 ส.ค. 2559	27	55	34	23
15 ส.ค. 2559	25	49	51	25
16 ส.ค. 2559	27	41	72	18
17 ส.ค. 2559	26	47	52	17
18 ส.ค. 2559	23	37	55	17
19 ส.ค. 2559	35	29	57	20
20 ส.ค. 2559	31	39	58	20
22 ส.ค. 2559	26	37	35	22
23 ส.ค. 2559	29	35	43	20
24 ส.ค. 2559	27	31	29	23
25 ส.ค. 2559	26	42	47	17
26 ส.ค. 2559	26	59	59	21
29 ส.ค. 2559	25	51	66	22
30 ส.ค. 2559	23	29	84	20

ภาคผนวก ข
ข้อมูลระยะการวัดสภาพปัญหา

ตารางที่ ข.1 จำแนกประเภทของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
ตารางที่ ข.2 ผลการให้คะแนนตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัย (Cause and Effect Matrix)
ตารางที่ ข.3 เกณฑ์การให้คะแนนตามความรุนแรงของผลกระทบ (Severity ; S)
ตารางที่ ข.4 เกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence ; O)
ตารางที่ ข.5 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detection ; D)
รูปที่ ข.1 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder)
รูปที่ ข.2 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.1 จำแนกประเภทของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

หมวดหมู่ของสาเหตุ (4M1E)	**สาเหตุของปัญหา**	**ประเภทของปัจจัย**		
		C	**U**	**N**
Man	1. พนักงานขาดความเอาใจใส่ในการควบคุมกระบวนการผลิต	⁄		
Machine	1. หม้อmixingแต่ละหม้อมีขนาดต่างกัน 2. หม้อmixingมีอายุการใช้งานยาวนาน 3. ขาดการบำรุงรักษาหม้อmixing (PM) 4. ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing	 ⁄ ⁄	⁄	 ⁄
Material	1. วัตถุดิบที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด 2. ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม	 ⁄	⁄	
Method	1. เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด 2. อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม 3. อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	 ⁄ ⁄	⁄	
Environment	1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งเตรียมวัตถุดิบไม่เพียงพอ 2. อุณหภูมิของอากาศภายในห้องต้ม	⁄		⁄
รวม	12 ปัจจัยหลัก	7	3	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ข.2 ผลการให้คะแนนตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลของปัจจัย (Cause and Effect Matrix)

ลำดับ	กลุ่มปัจจัย	สาเหตุ	PD	PN	RD	QC	QA	คะแนน
1	Man	พนักงานขาดความเอาใจใส่ในการควบคุมกระบวนการผลิต	3	1	1	3	3	3
2	Machine	หม้อmixingแต่ละหม้อมีขนาดต่างกัน	3	1	3	3	3	3
3		หม้อmixingมีอายุการใช้งานยาวนาน	3	1	3	1	1	1
4		ขาดการบำรุงรักษาหม้อ mixing (PM)	1	0	1	0	1	1
5		ความเร็วรอบใบกวนของหม้อmixing	9	3	9	9	3	9
6	Material	วัตถุดิบที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	3	3	9	9	3	3
7		ไอน้ำที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม	9	3	9	3	9	9
8	Method	เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้มแต่ละชนิด	9	3	9	9	3	9
9		อุณหภูมิที่ใช้ต้มน้ำจิ้ม	9	3	9	9	9	9
10		อุณหภูมิของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการต้ม	9	1	9	9	3	9
11	Environment	อุปกรณ์ที่ใช้ในการชั่งเตรียมวัตถุดิบไม่เพียงพอ	1	3	3	1	3	3
12		อุณหภูมิของอากาศภายในห้องต้ม	0	0	1	1	0	0

ตารางที่ ข.3 เกณฑ์การให้คะแนนตามความรุนแรงของผลกระทบ (Severity ; S)

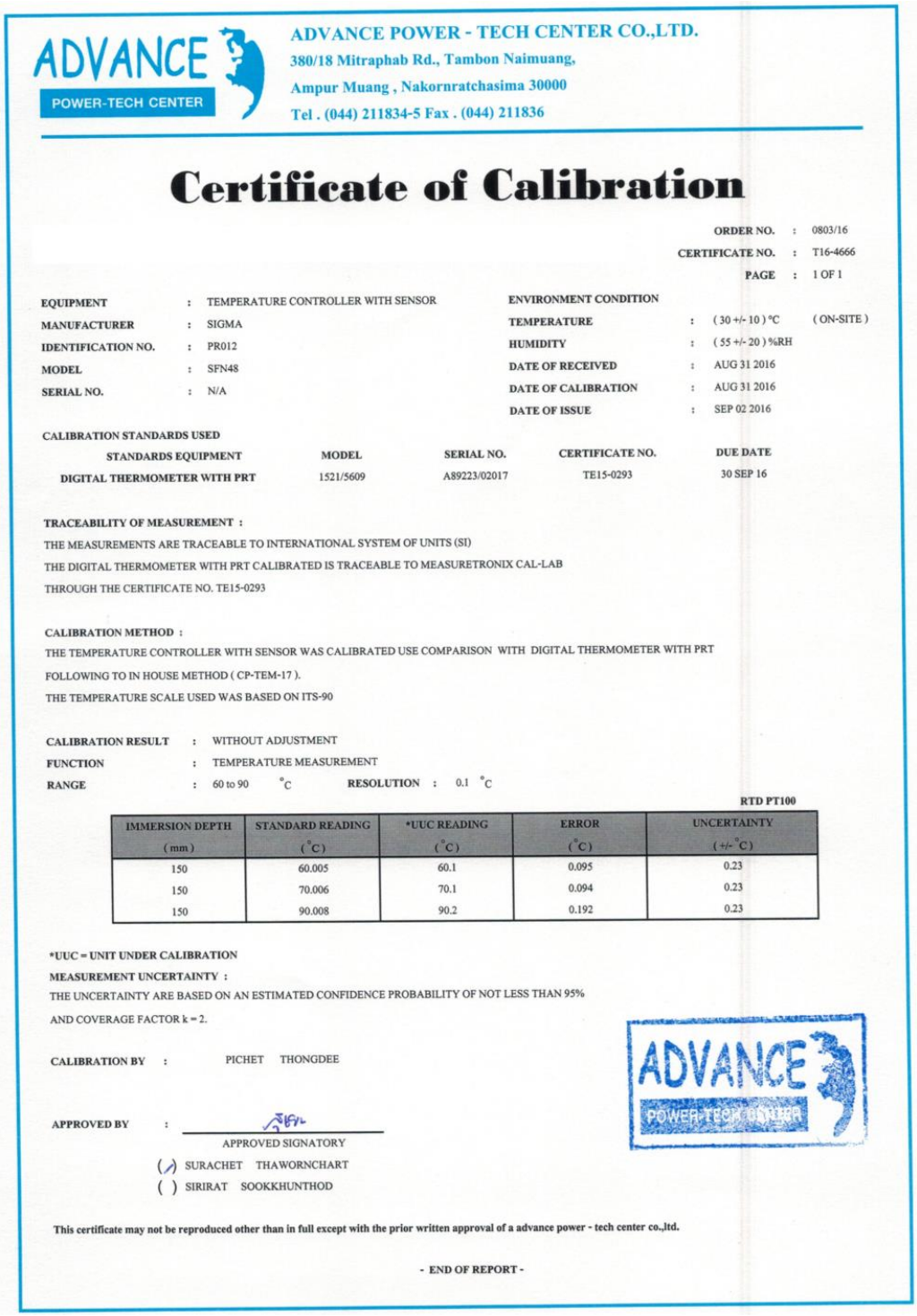
ผลกระทบ	ความร้ายแรงของผลกระทบ	ระดับ
ความเสียหายร้ายแรงในกระบวนการผลิตโดยไม่มีสัญญาณเตือน	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 80 แต่ไม่เกิน 90 นาที	10
ความเสียหายร้ายแรงในกระบวนการผลิตโดยมีสัญญาณเตือนก่อน	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 70 แต่ไม่เกิน 80 นาที	9
สูงมาก	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 60 แต่ไม่เกิน 70 นาที	8
สูง	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 50 แต่ไม่เกิน 60 นาที	7
พอสมควร	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 40 แต่ไม่เกิน 50 นาที	6
ต่ำ	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 30 แต่ไม่เกิน 40 นาที	5
ต่ำมาก	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 20 แต่ไม่เกิน 30 นาที	4
น้อย	ใช้ระยะเวลาในกระบวนการผลิตมากกว่า 10 แต่ไม่เกิน 20 นาที	3
น้อยมาก	พบความไม่ต่อเนื่องหรือความไม่สะดวกสบายเล็กน้อยในกระบวนการผลิต	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบใดๆ เกิดขึ้น	1

ตารางที่ ข.4 เกณฑ์การให้คะแนนตามโอกาสในการเกิดปัญหา (Occurrence ; O)

ความน่าจะเป็นของการเกิดปัญหา	ระดับความเป็นไปได้ของการใช้ระยะเวลานาน	ระดับ
สูงมาก ทำให้เกิดปัญหาทุกครั้งไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้	100% (1 ใน 1)	10
สูงมาก ทำให้เกิดปัญหาบ่อยครั้งมาก	80% (1 ใน 1.25)	9
สูง ทำให้เกิดปัญหาบ่อยครั้ง	50% (1 ใน 2)	8
สูง ทำให้เกิดปัญหาในบางครั้ง	25% (1 ใน 4)	7
พอสมควร	20% (1 ใน 5)	6
พอสมควร	10% (1 ใน 10)	5
พอสมควร	4% (1 ใน 25)	4
ต่ำ	0.2% (1 ใน 50)	3
ต่ำมาก	0.1% (1 ใน 100)	2
น้อยมาก แทบจะไม่เกิดปัญหา	0.0083% (1 ใน 120)	1

ตารางที่ ข.5 เกณฑ์การให้คะแนนตามความสามารถในการตรวจจับปัญหา (Detection ; D)

โอกาสในการตรวจพบ	แนวโน้มในการตรวจพบสาเหตุของความเสียหาย	ระดับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ยังไม่มีมาตรการป้องกันความเสียหาย	10
ห่างไกลมาก	ยังห่างไกลมากที่จะป้องกันความเสียหาย	9
ค่อนข้างห่างไกล	ยังห่างไกลที่จะป้องกันความเสียหาย	8
ต่ำมาก	ยังต่ำมากที่จะป้องกันความเสียหาย	7
ต่ำ	ยังต่ำที่จะป้องกันความเสียหาย	6
ปานกลาง	พอสมควรที่จะป้องกันความเสียหาย	5
ค่อนข้างสูง	ค่อนข้างสูงที่จะป้องกันความเสียหาย	4
สูง	สูงพอที่จะป้องกันความเสียหาย	3
สูงมาก	สูงมากพอที่จะป้องกันความเสียหาย	2
ค่อนข้างแน่นอน	เกือบแน่นอนแล้วที่จะป้องกันความเสียหาย	1



ADVANCE POWER-TECH CENTER

ADVANCE POWER - TECH CENTER CO.,LTD.
380/18 Mitraphab Rd., Tambon Naimuang,
Ampur Muang , Nakornratchasima 30000
Tel . (044) 211834-5 Fax . (044) 211836

Certificate of Calibration

ORDER NO. : 0803/16
CERTIFICATE NO. : T16-4666
PAGE : 1 OF 1

EQUIPMENT : TEMPERATURE CONTROLLER WITH SENSOR
MANUFACTURER : SIGMA
IDENTIFICATION NO. : PR012
MODEL : SFN48
SERIAL NO. : N/A

ENVIRONMENT CONDITION
TEMPERATURE : (30 +/- 10) °C (ON-SITE)
HUMIDITY : (55 +/- 20) %RH
DATE OF RECEIVED : AUG 31 2016
DATE OF CALIBRATION : AUG 31 2016
DATE OF ISSUE : SEP 02 2016

CALIBRATION STANDARDS USED

STANDARDS EQUIPMENT	MODEL	SERIAL NO.	CERTIFICATE NO.	DUE DATE
DIGITAL THERMOMETER WITH PRT	1521/5609	A89223/02017	TE15-0293	30 SEP 16

TRACEABILITY OF MEASUREMENT :
THE MEASUREMENTS ARE TRACEABLE TO INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS (SI)
THE DIGITAL THERMOMETER WITH PRT CALIBRATED IS TRACEABLE TO MEASURETRONIX CAL-LAB
THROUGH THE CERTIFICATE NO. TE15-0293

CALIBRATION METHOD :
THE TEMPERATURE CONTROLLER WITH SENSOR WAS CALIBRATED USE COMPARISON WITH DIGITAL THERMOMETER WITH PRT
FOLLOWING TO IN HOUSE METHOD (CP-TEM-17).
THE TEMPERATURE SCALE USED WAS BASED ON ITS-90

CALIBRATION RESULT : WITHOUT ADJUSTMENT
FUNCTION : TEMPERATURE MEASUREMENT
RANGE : 60 to 90 °C RESOLUTION : 0.1 °C

RTD PT100

IMMERSION DEPTH (mm)	STANDARD READING (°C)	*UUC READING (°C)	ERROR (°C)	UNCERTAINTY (+/- °C)
150	60.005	60.1	0.095	0.23
150	70.006	70.1	0.094	0.23
150	90.008	90.2	0.192	0.23

*UUC = UNIT UNDER CALIBRATION
MEASUREMENT UNCERTAINTY :
THE UNCERTAINTY ARE BASED ON AN ESTIMATED CONFIDENCE PROBABILITY OF NOT LESS THAN 95%
AND COVERAGE FACTOR k = 2.

CALIBRATION BY : PICHET THONGDEE

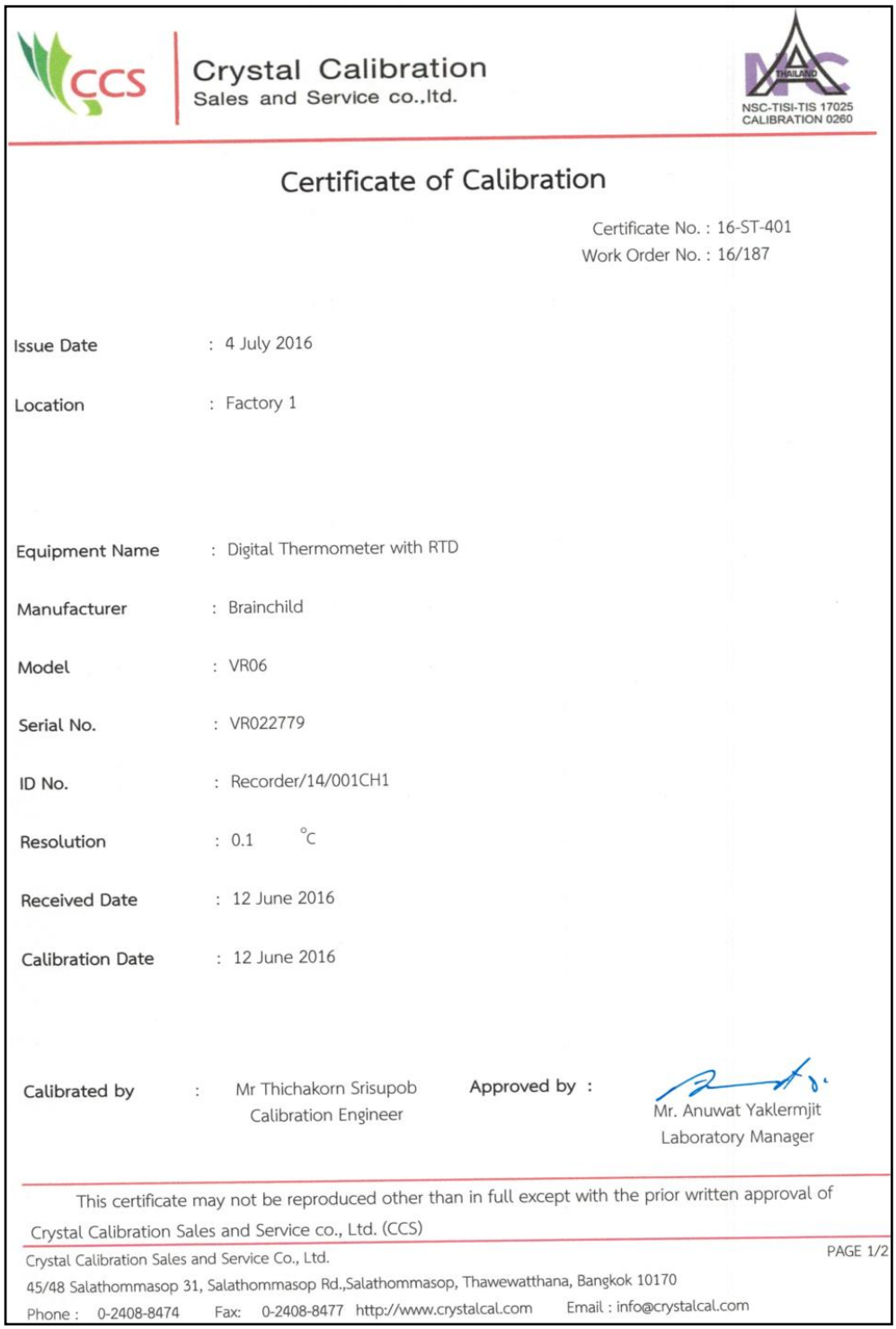
APPROVED BY : _____
APPROVED SIGNATORY
( ) SURACHET THAWORNCHART
( ) SIRIRAT SOOKKHUNTHOD

ADVANCE POWER-TECH CENTER

This certificate may not be reproduced other than in full except with the prior written approval of a advance power - tech center co.,ltd.

- END OF REPORT -

รูปที่ ข.1 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder)



Crystal Calibration
Sales and Service co.,ltd.

NSC-TISI-TIS 17025
CALIBRATION 0260

Certificate of Calibration

Certificate No. : 16-ST-401
Work Order No. : 16/187

Issue Date	: 4 July 2016
Location	: Factory 1
Equipment Name	: Digital Thermometer with RTD
Manufacturer	: Brainchild
Model	: VR06
Serial No.	: VR022779
ID No.	: Recorder/14/001CH1
Resolution	: 0.1 °C
Received Date	: 12 June 2016
Calibration Date	: 12 June 2016

Calibrated by : Mr Thichakorn Srisupob
Calibration Engineer

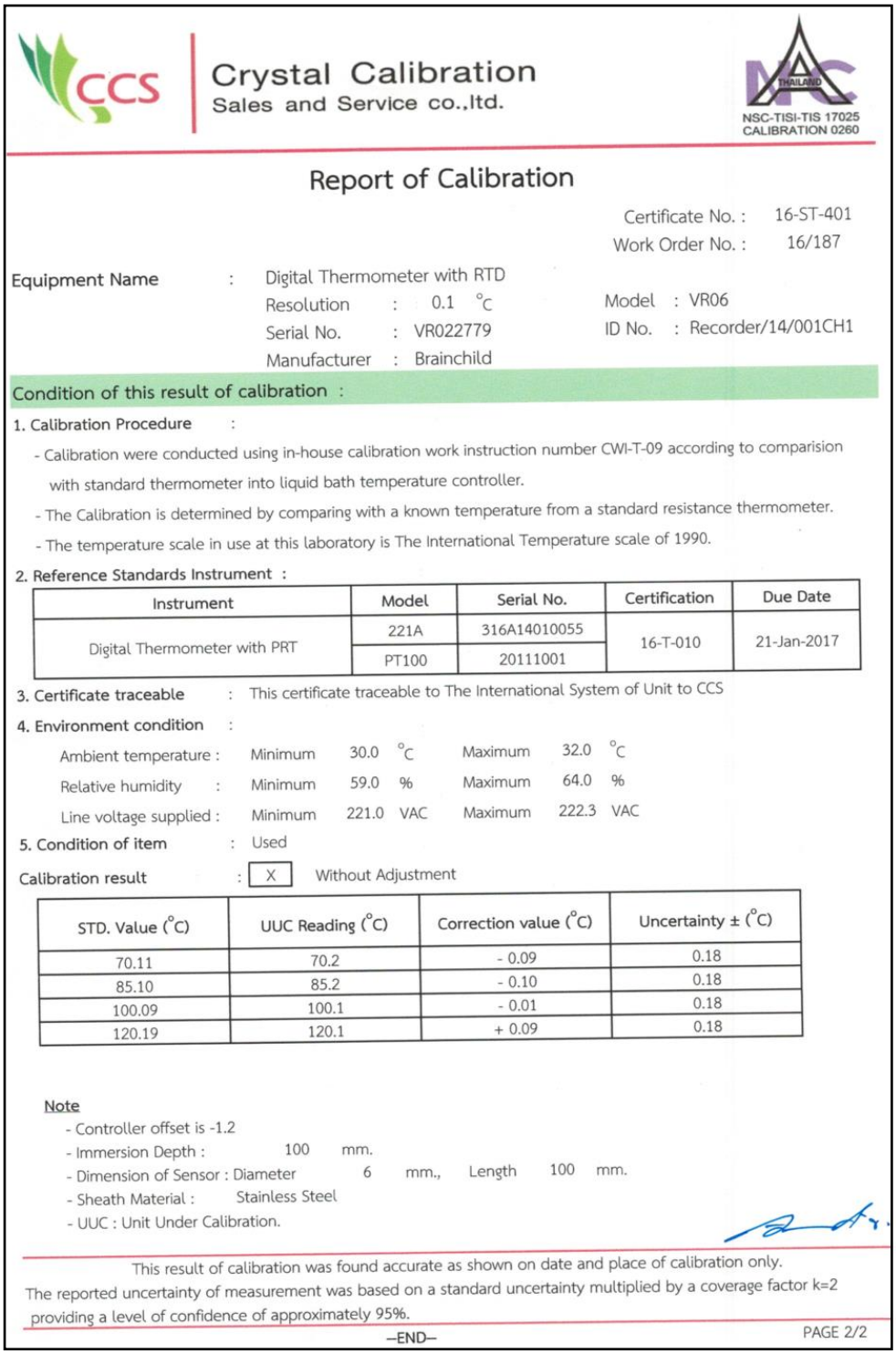
Approved by :
Mr. Anuwat Yaklermjit
Laboratory Manager

This certificate may not be reproduced other than in full except with the prior written approval of Crystal Calibration Sales and Service co., Ltd. (CCS)

PAGE 1/2

Crystal Calibration Sales and Service Co., Ltd.
45/48 Salathommasop 31, Salathommasop Rd.,Salathommasop, Thawewatthana, Bangkok 10170
Phone : 0-2408-8474 Fax: 0-2408-8477 http://www.crystalcal.com Email : info@crystalcal.com

รูปที่ ข.1 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) (ต่อ)



Crystal Calibration
Sales and Service co.,ltd.

NSC-TISI-TIS 17025
CALIBRATION 0260

Report of Calibration

Certificate No. : 16-ST-401
Work Order No. : 16/187

Equipment Name : Digital Thermometer with RTD
Resolution : 0.1 °C
Serial No. : VR022779
Manufacturer : Brainchild
Model : VR06
ID No. : Recorder/14/001CH1

Condition of this result of calibration :

1. Calibration Procedure :
   - Calibration were conducted using in-house calibration work instruction number CWI-T-09 according to comparision with standard thermometer into liquid bath temperature controller.
   - The Calibration is determined by comparing with a known temperature from a standard resistance thermometer.
   - The temperature scale in use at this laboratory is The International Temperature scale of 1990.

2. Reference Standards Instrument :

Instrument	Model	Serial No.	Certification	Due Date
Digital Thermometer with PRT	221A	316A14010055	16-T-010	21-Jan-2017
	PT100	20111001		

3. Certificate traceable : This certificate traceable to The International System of Unit to CCS

4. Environment condition :
   Ambient temperature : Minimum 30.0 °C Maximum 32.0 °C
   Relative humidity : Minimum 59.0 % Maximum 64.0 %
   Line voltage supplied : Minimum 221.0 VAC Maximum 222.3 VAC

5. Condition of item : Used

Calibration result : [X] Without Adjustment

STD. Value (°C)	UUC Reading (°C)	Correction value (°C)	Uncertainty ± (°C)
70.11	70.2	- 0.09	0.18
85.10	85.2	- 0.10	0.18
100.09	100.1	- 0.01	0.18
120.19	120.1	+ 0.09	0.18

Note
- Controller offset is -1.2
- Immersion Depth : 100 mm.
- Dimension of Sensor : Diameter 6 mm., Length 100 mm.
- Sheath Material : Stainless Steel
- UUC : Unit Under Calibration.

This result of calibration was found accurate as shown on date and place of calibration only.
The reported uncertainty of measurement was based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor k=2 providing a level of confidence of approximately 95%.

–END–

PAGE 2/2

รูปที่ ข.1 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกอุณหภูมิที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Temp recorder) (ต่อ)

รายงานผลการทวนสอบภายใน

ชื่อเครื่องมือวัด : Time recorder ช่วงการวัด : 0-24 ชม. ค่า Resolution :

รหัสเครื่องมือวัด : จุดใช้งาน : ห้องต้มซอส

วันที่ทวนสอบ : 3/8/2016 กำหนดการทวนสอบครั้งต่อไป : 4/8/2016

อ้างอิงเครื่องมือมาตรฐาน

เครื่องมือมาตรฐาน เวลามาตรฐาน(1811) SERIAL NO : CER. NO : Uncertainty : 30 sec

เครื่องมือมาตรฐาน SERIAL NO : CER. NO : Uncertainty

เครื่องมือมาตรฐาน SERIAL NO : CER. NO : Uncertainty

ผลการทวนสอบ

เครื่องมือมาตรฐาน	จุดทวนสอบ	ครั้งที่	ค่าที่วัดได้	ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือมาตรฐาน	ค่า ERROR	หมายเหตุ
เวลามาตรฐาน	08.00 น.	1	8.00.05 น.	8.00.00 น.	0.00.05 น.	ทวนสอบระยะเวลาฆ่าเชื้อ
(1811)		2	8.05.05 น.	8.05.00 น.	0.00.05 น.	5 นาที
		3	8.10.05 น.	8.10.00 น.	0.00.05 น.	10 นาที
		4	8.15.05 น.	8.15.00 น.	0.00.05 น.	15 นาที
		5	8.20.05 น.	8.20.00 น.	0.00.05 น.	20 นาที
		6	8.25.05 น.	8.25.00 น.	0.00.05 น.	25 นาที
		7	8.30.05 น.	8.30.00 น.	0.00.05 น.	30 นาที
		8	8.35.05 น.	8.35.00 น.	0.00.05 น.	35 นาที
		1	8.40.05 น.	8.40.00 น.	0.00.05 น.	
		2	8.45.05 น.	8.45.00 น.	0.00.05 น.	
		3	8.50.05 น.	8.50.00 น.	0.00.05 น.	
		1	8.55.05 น.	8.55.00 น.	0.00.05 น.	
		2	9.00.05 น.	9.00.00 น.	0.00.05 น.	
		3	9.05.05 น.	9.05.00 น.	0.00.05 น.	

หมายเหตุ ค่า Error ได้จากการนำ ค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ - ค่าเฉลี่ยที่อ่านได้จากเครื่องมาตรฐาน

ผลตัดสินผล ☒ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ผู้ทวนสอบ.....จิรียา..... ผู้ตรวจสอบ.....มณีรัตน์.....

วันที่ (Date) 3/8/2016 วันที่ (Date) 3/8/2016

F.(LB.)010/05

รูปที่ ข.2 รายงานผลการสอบเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจิ้ม (Time recorder)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวฐิติมา ฤทธิ์ประเสริฐศรี เกิดวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ.2531 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี พ.ศ.2554 หลังจากสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในตำแหน่งหัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพในบริษัทแห่งหนึ่ง และในปี พ.ศ.2558 ได้เข้าศึกษาปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University