การปรับปรุงความแข็งของแยมและลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

นายวัชราวุธ ศรีสุธรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

JAM HARDNESS IMPROVEMENT AND WASTED TIME REDUCTION OF JAM MANUFACTURING PROCESS

Mr.Watcharawut Sreesutam

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงความแข็งของแยมและลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม
โดย	นายวัชราวุธ ศรีสุธรรม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัชราวุธ ศรีสุธรรม : การปรับปรุงความแข็งของแยมและลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม. (JAM HARDNESS IMPROVEMENT AND WASTED TIME REDUCTION OF JAM MANUFACTURING PROCESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ, 218 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมา เข้ามาใช้ปรับปรุง 2 เรื่อง โดยเรื่องแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงความแข็งของแยมที่ทางโรงงานกรณีศึกษาพบปัญหาใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมคิดเป็น 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม โดยเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัด การใช้วิธีทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา และวิธี Just About Right (JAR) เพื่อกำหนดขีดจำกัดข้อกำหนดของค่าความแข็งของแยมที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค จากนั้นพิจารณาการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดเพื่อพิจารณาค่าความสามารถของกระบวนการซึ่งวัดโดยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ C_p และ C_{pk} โดยกำหนดเป้าหมายว่า C_p และ C_{pk} ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และจำนวนใบร้องเรียนต้องลดลงเหลือ 0% จากนั้นประชุมระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าสำคัญที่มีผลต่อค่าความแข็งแยมมาออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลของปัจจัยและหาค่าระดับปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลให้ค่าความแข็งแยมตรงตามเป้าหมาย จากนั้นได้สร้างแผนควบคุมและคู่มือวิธีการทำงานเพื่อควบคุมกระบวนการ โดยผลการปรับปรุงพบว่าสามารถเพิ่มค่า C_p จาก 1.39 เป็น 1.6 และค่า C_{pk} จาก 0.88 เป็น 1.45 และสามารถลดจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมจาก 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมดเหลือ 0%

เรื่องที่สองมีจุดประสงค์เพื่อลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยมชนิดขวด โดยโรงงานสามารถผลิตแยมได้น้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการประมาณเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ดังนั้นจึงต้องทำการลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถผลิตแยมได้ตามปริมาณความต้องการของลูกค้า ซึ่งทำการปรับปรุงที่กระบวนการประเภทล่าช้าและประเภทเคลื่อนย้าย จากนั้นทำการปรับปรุงสายการผลิตให้เป็นแบบต่อเนื่อง โดยหลังจากปรับปรุงทำให้รอบเวลาการทำงานทั้งหมดลดลงจากเดิม 9.12 ชั่วโมง/แบช เป็น 4.39 ชั่วโมง/แบช และผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่ 61 แบช/เดือน โดยสามารถลดชั่วโมงการทำงานของพนักงานจากเดิม 6.76 ชั่วโมง/แบช ลดลงเหลือ 2.03 ชั่วโมง/แบช และยังสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เป็น 180 แบช/เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต วัชราวุธ ศรีสุธรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก [illegible]

ปีการศึกษา 2553

5170693921 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : WASTED TIME REDUCTION/ JAM HARDNESS/ JAM MANUFACTURING/ DESCRIPTIVE SENSORY TEST/ JUST ABOUT RIGHT

WATCHARAWUT SREESUTAM: JAM HARDNESS IMPROVEMENT AND WASTED TIME REDUCTION OF JAM MANUFACTURING PROCESS. ADVISOR: ASST.PROF.NAPASSAVONG ROJANAROWAN, Ph.D., 218 pp.

This research applies the steps of Six Sigma for improving two subjects. The objective of the first research is to improve the hardness of Jam. The case study of factory received complaints about the hardness of jam as 100% of the all product complaints. The research started with Measurement System Analysis (MSA). Descriptive Sensory Test and Just About Right Method (JAR) were used to determine the specification limits of jam hardness that were accepted by consumers. Next, the distribution of jam hardness was compared with the specification limits in order to determine the process capability as measured by process capability indices C_p and C_{pk}. The goal is to accept the values of C_p and C_{pk} of greater than or equal 1.33 and reduce the percentage of complaints to 0%. Brainstorming was performed to select the key input variables that affect the hardness of jam by applying the design of experiment (DOE) technique to analyze the effect of the significant factors and determine the values of the factors that yield jam hardness on target. Next, control plan and work instruction were developed to control the processes. After improvement, it was found that the Cp was increased from 1.39 to 1.6 and the C_{pk} was increased from 0.88 to 1.45. The number of complaints was reduced from 100% to 0%.

The objective of the second research is to reduce wasted time of jam manufacturing process. The problem was that the factory could produce less than the customer demand approximately 9 batches per month or 14.75%. Thus, the manufacturing processes were improved to reduce wasted time by focusing on the delayed and transportation steps. Then, the production line was adjusted to be a continuous flow. After improvement, the cycle time was reduced from 9.12 hours per batch to 4.39 hours per batch. The average yield was increased to 61 batches per month that are sufficient to customer demand the number of man-hour from 6.76 hours per batch to 2.03 hours per batch. The capacity was increased to 180 batches per month.

Department : Industrial Engineering Student's Signature

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับความรู้ ทั้งยังเอาใจใส่ คอยดูแลและติดตามความก้าวหน้าของงานวิจัยอยู่อย่างสม่ำเสมอซึ่งส่งผลให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยดีรวมถึง รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย ประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ กรรมการที่ได้ให้ความเชื่อเหลือในการตรวจสอบ และข้อคิดเห็นต่างๆในการวิจัย และรองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการภายนอก ที่ให้แง่คิดและแนวทางการปรับปรุงของงานวิจัย แก้ไขข้อบกพร่องและให้คำแนะนำเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษาเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ คุณพงศกร โกมลสิงห์ หัวหน้าฝ่ายการผลิตแยม ที่ให้ความร่วมมือสนับสนุนและอำนวยความสะดวกการทำวิจัยมาตลอด และขอขอบคุณ คุณนิรมล วิระเทพสุภรณ์ และคุณศศิวิมล บุญยิ่ง หัวหน้าฝ่ายการผลิตวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D) ที่ให้ความร่วมมือทำงานวิจัยและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลทำการทดลองเป็นอย่างดี อีกทั้งยังแนะนำความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาตลอด ขอขอบคุณคณะทำงานที่ช่วยกันระดมสมอง ให้ความรู้ คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆ เพื่อให้งานวิจัยเสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวของผู้วิจัยซึ่ง คอยให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวไว้ในณ ที่นี้ด้วย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย…… ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง…… ฎ

สารบัญภาพ…… ฐ

บทที่

1 บทนำ…… 1

1.1 บทนำ…… 1

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา…… 1

1.2.1 กระบวนการผลิตแยม…… 3

1.3 สภาพและความสำคัญของปัญหา…… 4

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย…… 7

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย…… 7

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ…… 7

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย…… 7

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย…… 7

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 11

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง…… 11

2.1.1 ทฤษฎีและแนวคิดซิกซ์ ซิกมา…… 11

2.1.2 ทฤษฎีและแนวคิดการทำสมดุลสายการผลิต…… 32

2.1.3 ทฤษฎีและแนวคิดของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส…… 34

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง…… 40

บทที่		หน้า
3	การปรับปรุงความแข็งของแยม……	45
	3.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)……	45
	3.1.1 สรุปสภาพปัญหาในปัจจุบัน……	45
	3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัด……	46
	3.1.3 จัดตั้งคณะทำงาน……	46
	3.1.4 Project Charter……	48
	3.1.5 สรุประยะนิยามปัญหา……	49
	3.2 ระยะวัดสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)……	50
	3.2.1 การสอบเทียบของระบบการวัดค่าแรงสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึง/กด……	50
	3.2.2 การประเมินค่าของการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด……	55
	3.2.3 สรุปผลการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด……	60
	3.2.4 ขั้นตอนการหาขีดจำกัดข้อกำหนด……	61
	3.2.5 การวัดค่าการกระจายตัวความแข็งของแยม……	61
	3.2.6 การทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive Sensory Test)...	62
	3.2.7 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีทดสอบ Just About Right Scale (JAR) ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 8 คน……	71
	3.2.8 การทดสอบ JAR กับผู้บริโภคภายนอกเพื่อหาขีดกำหนดข้อจำกัด……	76
	3.2.9 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมในปัจจุบัน…	78
	3.2.10 ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)……	82
	3.2.11 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา……	88
	3.3 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)……	90
	3.3.1 การทดลองที่นำมาพิจารณา……	90
	3.3.2 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)……	90
	3.3.3 ตัวแปรตอบสนอง (Response)……	92
	3.3.4 ขนาดตัวอย่าง (Sample Size)……	93
	3.3.5 การกำหนดระดับปัจจัยนำเข้า……	95
	3.3.6 การทำการทดลอง……	95

บทที่		หน้า
3	3.3.7 ผลกาทดลอง……..	98
	3.3.8 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง……..	98
	3.3.9 สรุประยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา……..	102
	3.4 ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)……..	103
	3.4.1 การออกแบบการทดลองเพิ่ม……..	103
	3.4.2 ขนาดตัวอย่าง ……...	105
	3.4.3 การกำหนดระดับปัจจัยนำเข้า……..……..	106
	3.4.4 ผลการทดลอง…….……	107
	3.4.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง……..…...	107
	3.4.6 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง……..	117
	3.4.7 การทดสอบยืนยันผล……..……	119
	3.4.8 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ……..……	124
	3.5 ระยะติดตามควบคุม (Control Phase)……...	125
	3.5.1 จัดทำมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน (Standard Operation Procedure)……..	125
	3.5.2 สรุประยะติดตามควบคุมผล……..……	142
4	การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม……	143
	4.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)……	143
	4.1.1 ศึกษากระบวนการผลิต…….	143
	4.1.2 สภาพปัญหาในปัจจุบัน……	146
	4.1.3 กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัด…….	147
	4.1.4 จัดตั้งคณะทำงาน……..	148
	4.1.5 Project Charter……..	149
	4.1.6 สรุประยะนิยามปัญหา……	150
	4.2 ระยะวัดสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)……..	151
	4.2.1 วัดเวลาในแต่ละกระบวนการผลิตแยม…….	151
	4.2.2 สภาพปัญหากระบวนการผลิตแยมในปัจจุบัน……	157
	4.2.3 สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา……	162

บทที่		หน้า
4	4.3 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)……	163
	4.3.1 การวิเคราะห์สาเหตุของกระบวนการสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยม.	163
	4.3.2 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา……	172
	4.4 ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)……	173
	4.4.1 การปรับปรุงการลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม……..	173
	4.4.2 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ……..	184
	4.5 ระยะติดตามควบคุม (Control Phase)……....	186
	4.5.1 จัดทำมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน (Standard Operation Procedure)……	186
	4.5.2 จัดทำแผนควบคุม (Control Plan)……	190
	4.5.3 สรุประยะติดตามควบคุมผล……	195
5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ……	196
	5.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม……	196
	5.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม…….	199
	5.3 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย……	201
	5.3.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม……	201
	5.3.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม……	202
	5.4 ข้อเสนอแนะ……	202
	5.4.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม……	202
	5.4.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม……	203
รายการอ้างอิง……..		204
ภาคผนวก……		207
	ภาคผนวก ก. แบบสอบถามคัดเลือกบุคคลเข้าทดสอบคุณลักษณะผลิตภัณฑ์แยม.	208
	ภาคผนวก ข. แบบทดสอบการสเกลมาตรฐานเพื่อทดสอบประสาทสัมผัส……	212
	ภาคผนวก ค. แบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส Just About Like (JAR)….	216
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์……		218

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	เปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553.....	6
2.1	จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sigma Quality Level.....	15
2.2(ก)	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 1.....	23
2.2(ข)	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 2.....	23
2.2(ค)	ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 3.....	24
2.3	วิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการวัดซ้ำแต่ละคน.....	24
2.4	สรุปข้อมูลในการวัดซ้ำ.....	25
3.1	สัญลักษณ์และความหมายของการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็ง.....	51
3.2	ผลการสอบเทียบด้วยแรงดึง 100 N ถึง 500 N.....	55
3.3	ค่าความลำเอียงของย่านแรงดึงที่ทดสอบทั้ง 5 ระดับ.....	56
3.4	การจัดระดับในแต่ละย่านการสอบเทียบแรงดึง.....	57
3.5	การจัดระดับของเครื่องจักร.....	57
3.6	ผลการสอบเทียบด้วยแรงกด 100 N ถึง 500 N.....	58
3.7	ค่าความลำเอียงของย่านแรงกดที่ทดสอบทั้ง 5 ระดับ.....	59
3.8	การจัดระดับในแต่ละย่านการสอบเทียบแรงกด.....	59
3.9	ผลการสอบเทียบแรงดึง.....	60
3.10	ผลการสอบเทียบแรงกด.....	61
3.11	สรุปผลค่าสเกลที่อ่านได้จากแยมทั้ง 4 ค่า.....	67
3.12	สรุปผลค่าสเกลที่อ่านได้จากแยมทั้ง 4 ค่า หลังจากลงความเห็นส่วนใหญ่.....	67
3.13	การเก็บข้อมูลทดสอบระบบการวัดทั้ง 8 คน.....	68
3.14	สรุปผลการทดสอบระบบการวัด.....	70
3.15	รหัสแยมบนค่าความแข็งแยมทั้ง 10 ค่า.....	72
3.16	ผลการทดสอบ JAR ของผู้ผ่านการคัดเลือก 8 คน.....	74
3.17	สรุปผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือก 8 คน.....	75
3.18	รหัสแยมบนค่าความแข็งแยมทั้ง 9 ค่า.....	76

ตารางที่ หน้า

3.19 สรุปผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้บริโภคภายนอก 100 คน..... 77

3.20 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม..... 83

3.21 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)..... 84

3.22 ปัจจัยนำเข้า 7 ปัจจัย ที่มีคะแนนสูงกว่า 5 คะแนน..... 86

3.23 กำหนดปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม..... 88

3.24 การออกแบบการทดลอง (2_v^2)..... 91

3.25 ขนาดตัวอย่างของการทดลอง (2_v^2)..... 94

3.26 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง (2_v^2)..... 95

3.27 การออกแบบและผลของข้อมูล..... 98

3.28 การออกแบบการทดลอง CCD..... 104

3.29 ขนาดตัวอย่างของการทดลอง CCD..... 106

3.30 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง CCD..... 106

3.31 การออกแบบและผลของข้อมูล..... 107

3.32 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร..... 114

3.33 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า..... 118

3.34 เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ
และเปอร์เซ็นต์ใบร้องเรียนของก่อนและหลังปรับปรุง..... 122

3.35 คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ..... 127

3.36 การป้องกันการผสมเพคตินไม่ได้ปริมาณตามมาตรฐาน..... 129

3.37 การป้องกันการผสมกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามมาตรฐาน..... 130

4.1 คุณสมบัติเปรียบเทียบของเครื่องติดฉลาก 3 แบบ..... 168

4.2 ภาพก่อนและหลังของการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งเครื่องเป่าแห้ง..... 174

4.3 ภาพก่อนและหลังของการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งเครื่องติดฉลาก..... 175

4.4 สรุปผลลัพธ์ของการปรับปรุง..... 184

4.5 คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม..... 188

4.6 มาตรฐานแผนควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตแยม..... 191

5.1 สรุปผลลัพธ์ของการปรับปรุง..... 201

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แผนผังกระบวนการผลิตแยม……	3
1.2	กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553….	6
2.1	เส้นโค้งปกติ (Normal Curve)……..	13
2.2	การควบคุมกระบวนการภายในขอบเขต 3σ ……..	13
2.3	การกระจายแบบปกติ และการเคลื่อนตัวออกจากค่าเฉลี่ย 1.5σ ……..	14
2.4	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภาพ SIPOC สำหรับวิเคราะห์……	17
2.5	การแจกแจงปกติเปรียบเทียบระดับมาตรฐาน $\pm3\sigma$ และ $\pm6\sigma$ ……	19
2.6	การเปลี่ยนแปลงค่าตั้งโดยธรรมชาติ $\pm1.5\sigma$ ……...	20
2.7	ภาพเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำ……..	21
2.8	การศึกษาระบบการวัด……..	22
2.9	ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)……..	27
2.10	การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (B)……	30
2.11	แผนผังการทดสอบการยอมรับและการพัฒนาผลิตภัณฑ์……	38
3.1	กราฟความผิดพลาดของค่าความถูกต้องแรงดึงเทียบกับค่าแรงอ้างอิง……...	58
3.2	กราฟความผิดพลาดของค่าความถูกต้องแรงกดเทียบกับค่าแรงอ้างอิง……...	60
3.3	การกระจายตัว (Distribution) ค่าความแข็งแยมในปัจจุบัน……	62
3.4	กราฟเปรียบเทียบแยมทั้ง 4 ค่า ที่ทำการทดสอบด้วยสเกลมาตรฐาน……	66
3.5	กราฟแสดงผลการทดสอบระบบการวัด……	70
3.6(ก)	ชั่งน้ำหนักของแยมที่ 15 กรัม……	72
3.6(ข)	แบ่งกลุ่มของความแข็งแยม……..	72
3.7	ชุดการทดสอบแยม JAR……...	73
3.8	การทดสอบ JAR ด้วยการปาดแยมลงบนขนมปัง……	73
3.9	กราฟแสดงผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือก 8 คน ที่รู้สึกพอดี……..	75

รูปที่		หน้า
3.10	กราฟแสดงผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้บริโภคภายนอก 100 คน ที่รู้สึกพอดี……..	78
3.11	กราฟแสดงความสามารถของกระบวนการ C_p , C_{pk} ของความแข็งแยม……..	79
3.12	กราฟการกระจายตัวเปรียบเทียบค่าความแข็งแยม 3 แบช……..	81
3.13	ผลการแสดงการทดสอบความแปรปรวน……..	82
3.14	กราฟเรียงลำดับคะแนน Cause and Effect Matrix……	85
3.15	รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab……	91
3.16	แสดงการใส่ค่าหาจำนวนตัวอย่างในโปรแกรม Minitab……..	93
3.17	รายละเอียดผลการคิดขนาดตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab……	94
3.18	แผนภูมิการไหลของวิธีการทดลอง……	97
3.19	ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab……	99
3.20	กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง..	100
3.21	แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง……	100
3.22	ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……..	101
3.23	ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……	101
3.24	รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี CCD…….	103
3.25	ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ……	108
3.26	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล……	109
3.27	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและคาที่ถูกฟิต……..	110
3.28	ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab……	113
3.29	ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……..	115
3.30	ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……..	115
3.31	กราฟ Contour Plot ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……..	116
3.32	กราฟ Surface Plot ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งแยม……..	116
3.33	ผลการออกแบบหารหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง……	117
3.34	กราฟ Optimization Plot การปรับระดับปัจจัยที่เหมาะสม……	118
3.35	กราฟการกระจายตัวของความแข็งแยมที่ระดับปัจจัยที่เหมาะสม เทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด……	119

รูปที่		หน้า
3.36	กราฟการทดสอบการกระจายตัวแบบปกติ.....	120
3.37	กราฟ Process Capability Sixpack ของค่าความแข็งของแยม.....	121
3.38	กราฟการกระจายตัวเปรียบเทียบค่าความแข็งของแยม ของก่อนและหลังปรับปรุง.....	123
3.39	การควบคุมของ $\overline{X}$ and R chart ค่าความแข็งของแยม.....	132
3.40	กฎข้อที่ 1 ข้อมูล 1 จุดเกิน 3 Sigma.....	133
3.41	กฎข้อที่ 2 ข้อมูล 9 จุดอยู่ด้านเดียวกันอย่างต่อเนื่อง.....	134
3.42	กฎข้อที่ 3 ข้อมูล 6 จุดมีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างต่อเนื่อง.....	135
3.43	กฎข้อที่ 4 ข้อมูล 14 จุดสลับขึ้นลงแบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้).....	137
3.44	กฎข้อที่ 5 ข้อมูล 2 ใน 3 จุดมากกว่า 2 Sigma ต่อเนื่อง (ข้างเดียวกัน).....	138
3.45	กฎข้อที่ 6 ข้อมูล 4 ใน 5 จุดมากกว่า 1 Sigma ต่อเนื่อง (ข้างเดียวกัน).....	139
3.46	กฎข้อที่ 7 ข้อมูล 15 จุดอยู่ในมีค่าอยู่ใน 1 Sigma แบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้).....	140
3.47	กฎข้อที่ 8 ข้อมูล 8 จุดมากกว่า 1 Sigma แบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้).....	141
4.1	แผนผังกระบวนการผลิตแยม.....	144
4.2	กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553.....	146
4.3	นำวัตถุดิบมาผสมในหม้อคน.....	151
4.4	นำวัตถุดิบที่ผสมคนจนเข้ากันแล้วไปที่หม้อต้ม.....	152
4.5	พนักงานนำขวดแยมมาลำเลียงใส่เครื่องจักร.....	153
4.6	เข้าเครื่องบรรจุแยม 4 หัว.....	153
4.7	เครื่องตรวจจับโลหะ.....	154
4.8	เครื่องติดฝา.....	154
4.9	เครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์.....	155
4.10	พนักงานนำแยมมาใส่ตะกร้า.....	155
4.11	พนักงานติดฉลากแยม.....	156
4.12	เข้าเครื่องปิดปากฝา และบรรจุลงกล่อง.....	156
4.13	แผนผังการไหลของกระบวนการแยมสตรอเบอร์รี่ขนาด 280 กรัม ชนิดขวด.....	158

รูปที่		หน้า
4.14	แผนผัง (Lay-Out) ของกระบวนการผลิตแยมปัจจุบัน……..	160
4.15	กราฟพาเรโตเปรียบเทียบเวลาในแต่ละกระบวนการ……	161
4.16	กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553…..	163
4.17	กราฟจังหวะความต้องการลูกค้าเทียบกับเวลากระบวนการผลิตในปัจจุบัน……	165
4.18	เครื่องติดฉลากแบบที่ 1 Automatic Wrap-around Labeler Machine Alphapack รุ่น ALB-510…….	166
4.19	เครื่องติดฉลากแบบที่ 2 Wrap around labeller with Hostamp coder Easilabel HTB400……..	167
4.20	เครื่องติดฉลากแบบที่ 3 High-Speed Round Labeling Machine DLB-3000P……..	167
4.21	กราฟระยะเวลาคืนทุนเครื่องติดฉลาก……..	170
4.22	แผนผังของกระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายที่สูญเปล่า……	171
4.23	แผนผังของกระบวนผลิตแยมหลังปรับปรุงแล้ว……	177
4.24	การติดตั้งเครื่องเป่าแห้ง……	178
4.25	การติดตั้งเครื่องติดฉลาก……..	179
4.26	การเชื่อมสายพานเข้ากับเครื่องบรรจุปิดปากฝา……..	179
4.27	กราฟจังหวะความต้องการลูกค้าเทียบกับรอบการเวลากระบวนการผลิต หลังปรับปรุงแล้ว……	181
4.28	กราฟติดตามปริมาณผลผลิตจริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้า……	194

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

1.1 บทนำ

โรงงานอุตสาหกรรมกรณีศึกษานี้เป็นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารประเภทแยม ซึ่งมีอัตราการบริโภคที่เพิ่มสูงขึ้นทุกๆปี เพราะเป็นอาหารที่สะดวกต่อการบริโภค และพบว่าคู่แข่งรายใหญ่ในตลาดโลกรวมทั้งในประเทศไทยมีการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์กันอย่างมากเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันและสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า

งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) มาช่วยปรับปรุงกระบวนการโดยปรับค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมให้ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวน เนื่องจากแนวคิดซิกซ์ ซิกมาเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตแยมยังมีความสูญเปล่าในแต่ละขั้นตอนการผลิต ฉะนั้นจึงมีความสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเปล่า ซึ่งจะช่วยเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อทำให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้ทำการผลิตแยมหลายประเภทแบ่งตามลักษณะต่างๆได้หลายประเภท ดังนี้

1. แบ่งตามรส ได้แก่ รสสตรอเบอร์รี่ รสบลูเบอร์รี่ รสส้ม และรสสับปะรด
2. แบ่งตามชนิดผลิตภัณฑ์บรรจุ ได้แก่

1) บรรจุด้วยถ้วยพลาสติกพอลิพรอพีลีน (Polypropylene) ขนาด 15 กรัม ปิดฝาถ้วยด้วยฟอยด์ลามิเนตฟิล์ม (Laminated Film) แล้วบรรจุแยมถ้วย 15 กรัม ลงในหีบนอกเป็นกล่องกระดาษลูกฟูก

2) บรรจุขวดแก้วขนาด 210, 280 กรัม ปิดฝาขวดด้วยฝาเขี้ยวสีทอง 63 มม. และเข้าเครื่องปิดปากฝาด้วยฟิล์มหด (Shrink Film) แล้วบรรจุลงในหีบนอกเป็นกล่องกระดาษลูกฟูก

3) บรรจุถังพลาสติกพอลิพรอพีลีน ขนาด 2 กก. และฝาปิดพลาสติกพอลิพรอพีลีนและเข้าเครื่องปิดปากฝาด้วยฟิล์มหด แล้วบรรจุในหีบนอกเป็นกล่องกระดาษลูกฟูก

4) บรรจุถังแยมพลาสติกไฮเดนซิตี้พอลิเอทิลีน (High Density Polyethylene, HDPE.) ขนาด 4.5 กก. และฝาปิดพลาสติกพอลิพรอพีลีน ปิดขอบถังด้วยเทปกาวใส แล้วบรรจุลงในหีบนอกเป็นกล่องกระดาษลูกฟูก

5) บรรจุถังแยมพลาสติกไฮเดนซิตี้พอลิเอทิลีน ขนาด 10 กก. และฝาปิดพลาสติกพอลิพรอพีลีน ปิดขอบถังด้วยเทปกาวใส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) บรรจุปี๊บ ขนาด 22 กก.

7) บรรจุหีบห่อโดยใส่แยมถ้วย 15 กรัม ลงถาดพลาสติก ถาดละ 8 ถ้วย แล้วบรรจุ 12 ถาด ลงในกล่องแยมรุ่นหีบห่อ (สตรอเบอร์รี่และบลูเบอร์รี่)

8) บรรจุหีบห่อโดยใส่แยม 210 กรัม 3 ขวด และเข้าเครื่องปิดปากฝาด้วย พีวีซี (PVC) ใส รีดแบนด้วยเครื่องปิ้ง แล้วบรรจุ 4 หีบห่อ ลงในหีบนอกเป็นกล่องกระดาษลูกฟูก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.1 กระบวนการผลิตของแยม

รูปที่ 1.1 แผนผังกระบวนการผลิตแยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 1.1 แบ่งขั้นตอนการผลิตได้ 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

1. กระบวนการผสมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบเตรียมที่จะผสม คือ ผลไม้ กลูโคส น้ำตาล มาผสมกับเพคตินผสมน้ำร้อน โดยที่วัตถุดิบที่ผสมแล้วก่อนที่จะลงหม้อต้มต้องมีค่าบริกซ์ (Brix) 63-65 องศา และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 2.8-3.2 จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมแล้วมาต้มในหม้อต้มที่อุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียสที่ความดันไอต้ม 500 mmHg. เป็นเวลา 8 นาที หลังจากต้มเสร็จจะทำการผสมกรดซิตริก สี และกลิ่น แล้วทำการผสมคนให้เข้ากันและวางไว้ในถังพักเพื่อรอทางแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC) มาตรวจวัดค่าบริกซ์ และแผนกรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) มาตรวจการเซ็ตตัวของแยมซึ่งถ้าผ่านตามเกณฑ์จึงจะนำไปบรรจุลงขวด

2. กระบวนการบรรจุลงขวด

นำส่วนผสมวัตถุดิบที่ผ่านการต้มแล้วมาบรรจุลงขวดโดยที่เนื้อแยมที่บรรจุต้องมีอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส แล้วแยมที่ผ่านการบรรจุลงขวดแล้วจะผ่านเครื่องปิดฝา จากนั้นเข้าเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เพื่อทำความสะอาดล้างขวดแยมและทำให้เนื้อแยมเกิดการแข็งตัว และจึงนำแยมไปวางพักที่สายการผลิตประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อรอให้แยมแห้งและเย็นตัวลงและนำไปติดฉลาก จากนั้นเข้าเครื่องปิดปากฝา เพื่อใช้ความร้อนปิดฝาและบรรจุลงกล่องเข้าโกดัง

1.3 สภาพและความสำคัญของปัญหา

แยมสตรอเบอร์รี่ชนิดขวด ขนาด 280 กรัม มีปริมาณการผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับรสชาติอื่นๆ ที่ขนาด 280 กรัม คิดเป็นการผลิตเฉลี่ย 62.26% ต่อเดือน และมีการผลิตเฉลี่ยคิดเป็น 13% ต่อเดือน เมื่อเทียบกับแยมชนิดขวดทุกประเภท

ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบถือว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อความแปรปรวน (Hagsten, Larsen et al., 2007) เพราะลักษณะของการแข็งตัวของแยมอาจจะเกิดการเปลี่ยนแปลงได้โดยจะส่งผลต่อความแข็งของแยมที่จะทำให้เนื้อแยมมีความแข็งมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งได้มีการร้องเรียนจากลูกค้าผู้บริโภคว่าเนื้อแยมมีความแข็งมากเกินไปทำให้ปาดยากและปัจจุบันก็ยังไม่มีขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limits) ความแข็งของแยมที่ลูกค้ายอมรับได้และในส่วนของกระบวนการผลิตแยมชนิดขวดได้เกิดเวลาสูญเปล่าทำให้ผลิตแยมไม่ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยทำการแบ่งสภาพปัญหาออกเป็น 2 ปัญหา ดังนี้

1. แยมผลไม้ชนิดขวดขนาด 280 กรัม ในปัจจุบันมีการร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องของการปาดยากของแยมซึ่งคิดปัญหานี้เป็น 100% ของปัญหาจากใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม ซึ่งส่งผลต่อชื่อเสียงด้านคุณภาพของโรงงาน ทำให้ต้องมีการกำหนดตัวชี้วัดความแข็งของแยม มี

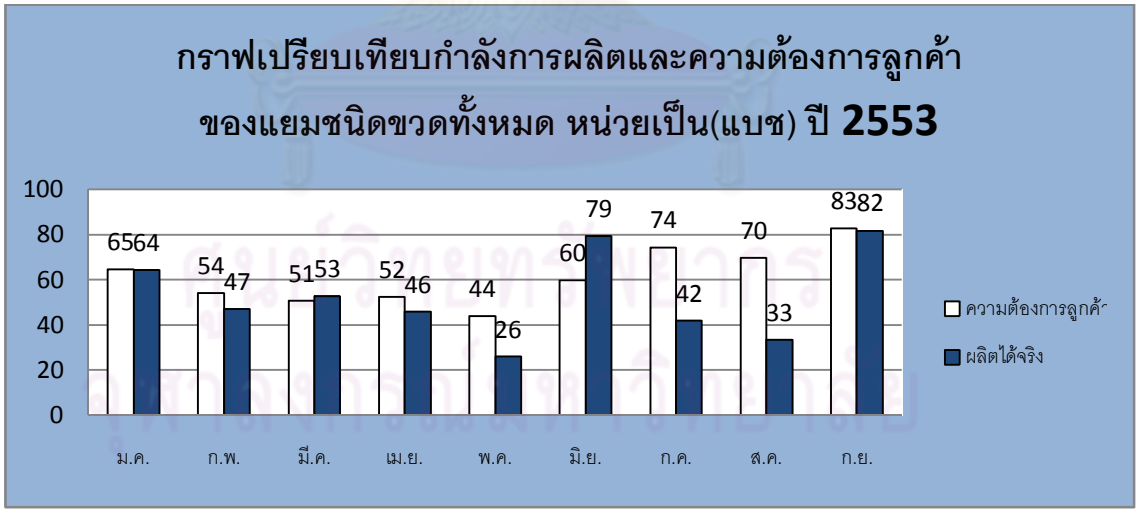
หน่วยเป็นนิวตัน (N) เพื่อดูค่าความแข็งของแยมภายในขวดที่วัดออกมาเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยมเพื่อกำหนดช่วงที่ยอมรับได้ด้วยวิธีการการประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) เพื่อดูว่าคนที่บริโภคแยมมีความรู้สึกอย่างไรต่อการปาดแยมที่มีค่าความแข็งของแยมย่านค่าต่างๆ เพื่อดูว่าในช่วงย่านใดที่ลูกค้ายอมรับได้เพื่อมากำหนดเป็นขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยม

เนื่องจากทางโรงงานไม่เคยมีการทำข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดเพื่อวัดในเรื่องความยากง่ายในการปาดแยมและการวิเคราะห์หรือการควบคุมคุณภาพ ดังนั้นจึงได้ทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของแยมก่อนโดยวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการปาดแยมว่าลักษณะแยมแบบใดที่ปาดแล้วรู้สึกพอดีเมื่อเทียบกับความแข็งของแยมนั้นๆเพื่อทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนด จากนั้นจึงพิจารณาค่าความแข็งของแยมจากกระบวนการปัจจุบันว่ามีค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p , C_{pk}) มากน้อยเพียงใดเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด และทำการปรับปรุงกระบวนการต่อไปเมื่อค่าความสามารถของกระบวนการไม่ดี หรือถ้ามีค่าที่ดีเหมาะสมแล้วก็จะทำการควบคุมคุณภาพต่อไป โดยจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ว่าการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมให้อยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนดนั้นส่งผลให้ผู้บริโภคที่นิยมบริโภคแยมเกิดความรู้สึกว่าแยมมีความปาดยากง่ายในระดับพอดี โดยวัดจากปัญหาใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมจากทั้งหมด 100% ให้เหลือ 0%

2. การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม จะทำการพิจารณาแยมชนิดขวดทุกประเภทที่ผ่านสายการผลิตนี้ โดยแยมชนิดขวดแต่ละประเภทใน 1 แบช จะมีแยมประมาณ 116 ลัง ซึ่งปัญหาแรกเริ่มคือปริมาณความต้องการของลูกค้านั้นมีมากกว่าปริมาณที่ผลิตได้จริงตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553 เฉลี่ยต่างกันเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% และด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตแค่ 3 วัน/สัปดาห์เท่านั้น เพราะพนักงานผลิตแยมจะต้องไปผลิตแยมที่สายการผลิตแบบอื่นอีก คือ แยมชนิดถัง และแยมชนิดถ้วย ดังนั้นจึงต้องทำการลดเวลาสูญเปล่าของแต่ละกระบวนการในสายการผลิตแยมชนิดขวด โดยแสดงตารางตัวเลขความต้องการของลูกค้าและที่ผลิตได้จริงของแยมชนิดขวดปี 2553 ดังตารางที่ 1.1 และแสดงกราฟเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 เปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553

เดือน	ความต้องการลูกค้า	ผลิตได้จริง
ม.ค.	65	64
ก.พ.	54	47
มี.ค.	51	53
เม.ย.	52	46
พ.ค.	44	26
มิ.ย.	60	79
ก.ค.	74	42
ส.ค.	70	33
ก.ย.	83	82
เฉลี่ยต่อเดือน	61	52



รูปที่ 1.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553

1.4 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ปรับปรุงความแข็งของแยมให้ได้ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวนความแข็งของแยม
2. ปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยมชนิดขวด

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยปรับปรุงความแข็งของแยมจะพิจารณาที่แยมสตรอเบอร์รี่ ขนาด 280 กรัม
2. งานวิจัยปรับปรุงลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยมจะพิจารณาแยมชนิดขวดทุกประเภท
3. ทำการศึกษาวิจัยกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบจนถึงเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้คู่มือวิธีการทำงานในแต่ละกระบวนการของกระบวนการผลิตแยมที่ปรับปรุงแล้ว
2. ได้วิธีการจัดผังการผลิตและจำนวนคนที่ใช้ในขั้นตอนการผลิตแยมที่ปรับปรุงแล้ว

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1. สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวนลง เพื่อทำให้แยมมีคุณภาพตามความต้องการของผู้บริโภค
2. ลดเวลาสูญเปล่าและทำให้กระบวนผลิตไหลแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow) และแต่ละกระบวนการมีความสมดุล
3. เป็นแนวทางในการนำเทคนิคและเครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาของซิกซ์ ซิกมา ไปใช้ในการปรับปรุงวิธีการผลิตในอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ

1.8 ขั้นตอนและแผนดำเนินงานวิจัย

1.8.1 ขั้นตอนและแผนในการปรับปรุงความแข็งของแยม

ในการปรับปรุงความแข็งของแยมดำเนินการวิจัยตามแนวทางทางซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ระยะ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดซิกซ์ ซิกมา
2. ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

1) ศึกษากระบวนการผลิตแยมสตรอเบอร์รี่ ขนาด 280 กรัม

2) รวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของความแข็งของแยม และความรู้สึกยากง่ายในการปาดแยม โดยเปรียบเทียบจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมก่อนและหลังปรับปรุง

3) กำหนดปัญหา วัตถุประสงค์ เป้าหมาย ตัวชี้วัด และระยะเวลาของโครงการ

4) จัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมในโครงการ ในการกำหนดคณะทำงานจะคัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในส่วนของกระบวนการที่เลือกการปรับปรุงคือกระบวนการผลิตแยมสตรอเบอร์รี่ทั้งหมด

3. ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

1) วิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของเครื่องมือวัดความแข็งด้วยการสอบเทียบ (Calibrated) ด้วยวิธีการทดสอบด้านแรงตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004

2) หาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมด้วยวิธีประเมินทางด้านประสาทสัมผัส โดยทำการสอบถามผู้บริโภคอย่างน้อย 100 คน (Cross et al., 1978; Gatchalian, 1981) มาทำการทดสอบปาดแยม

3) เก็บรวบรวมข้อมูลและพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา

4) ระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้า (Key Process Input Variables หรือ KPIVs) ในขั้นตอนนี้จะหาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่กระทบต่อค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของความแข็งของแยม โดยกำหนดปัจจัยนำเข้าที่มีผล (KPIVs) โดยใช้ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) และทำการเรียงลำดับความสำคัญของปัจจัยเพื่อทำการตัดปัจจัยที่คาดว่ามีผลน้อยต่อการเกิดค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนค่าความแข็งของแยม โดยระดมสมองจากสมาชิกในทีมและพนักงานที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีอยู่ด้วย

4. ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

นำปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIVs) ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ ในขั้นตอนก่อนหน้ามาทำการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนค่าความแข็งตัวของแยมโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดปัจจัยและตัวแปรตอบสนองรวมทั้งพิจารณาข้อกำหนดต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลองกำหนดระดับของปัจจัยที่จะนำมาทดลอง

2) พิจารณาเลือกรูปแบบการทดลองและขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

3) วางแผนการทดลองโดยกำหนดขั้นตอนการทดลอง และวิธีการเก็บข้อมูล

4) ทำการทดลองตามแผนที่วางไว้

5) สรุปผลและวางแผนขั้นตอนต่อไป

5. ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

1) นำปัจจัยนำเข้าที่ได้พิสูจน์แล้วว่ามีนัยสำคัญ มาทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อกำหนดระดับที่เหมาะสมของปัจจัยโดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology, RSM) สำหรับปัจจัยที่ไม่มีความจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อหาระดับปรับตั้งที่เหมาะสมก็จะดำเนินการปรับปรุงสภาพอื่นๆ เช่น การจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงานเพื่อลดความผันแปรของความแข็งของแยม

2) จากผลการทดลอง ทำการสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่สามารถปรับปรุงค่าเฉลี่ยและลดค่าความแปรปรวนของค่าความแข็งตัวของแยม

3) นำค่าระดับปัจจัยที่กำหนดได้ไปใช้จริงในกระบวนการผลิตแยมต่อไป

6. ระยะการติดตามควบคุม (Control Phase)

1) ทำการทดสอบยืนยันผลโดยการเก็บข้อมูล Process Capability Index, C_p, C_{pk} หลังจากใช้ระดับของปัจจัยที่สรุปได้จากการทดลอง เพื่อใช้ชี้วัดคุณภาพของการปรับปรุงความแข็งของแยม และให้สอดคล้องกับจำนวนใบร้องเรียนที่ลดลงหลังการปรับปรุง

2) จัดทำแผนควบคุม (Control Plan) โดยพิจารณาถึงลักษณะและข้อจำกัดของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะทำการควบคุม

3) สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.8.2 ขั้นตอนและแผนในการลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม มีขั้นตอนดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลศึกษากระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการ และทำการประเมินปัญหาในการปรับปรุงแต่ละกระบวนการ

2. วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อหากระบวนการที่มีความสูญเสียมากเกินไป

3. จัดตั้งแผนผังใหม่

4. คำนวณค่าความสมดุลของกระบวนการผลิต เพื่อจัดสมดุลของกระบวนการผลิตใหม่ (Line Balancing)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. จัดทำสร้างมาตรฐานกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบไปจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย

6. คำนวณดัชนีชี้วัดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ให้ได้น้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time), พื้นที่ในการจัดเก็บแยมสายการผลิตเพิ่มขึ้น และกำลังการผลิต/แบช ต้องมากกว่าหรือเท่ากับยอดปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตแยมใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา ผู้วิจัยได้นำแนวคิดและทฤษฎีตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาทำการศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย ดังต่อไปนี้

2.1.1 ทฤษฎีและแนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

2.1.2 ทฤษฎีและแนวคิดการทำสมดุลสายการผลิต (Line Balancing)

2.1.3 ทฤษฎีและแนวคิดของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)

โดยสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละทฤษฎีได้ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีและแนวคิดซิกซ์ ซิกมา

2.1.1.1 ความเป็นมาของซิกซ์ ซิกมา

จุดกำเนิดของซิกซ์ ซิกมา เริ่มขึ้นเมื่อบริษัทโมโตโรล่า (Motorola) ได้พัฒนาและสร้างโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพสินค้า ภายใต้การนำของ มิเกล เจ แฮรี่ (Mikel J. Harry) ในปี 1988 บริษัทโมโตโรล่า ได้ตีพิมพ์และเปิดเผยวิธีการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าวิธีใหม่ที่ชื่อว่า “ วิธีซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)” คำว่า ซิกซ์ ซิกมา หรือตัวอักษรกรีกคือ σ ที่มีความหมายนัยทางสถิติคือระดับความผันแปรของกระบวนการ ซึ่งบริษัทโมโตโรล่าได้ประสบผลสำเร็จซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นตัวเงินอย่างมหาศาลจากการดำเนินงานตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมา

ต่อมาบริษัทจีอี (GE) โดย Jack Welch ได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของซิกซ์ ซิกมา ให้เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ให้มากขึ้น โดยปรับแก้รูปแบบซิกซ์ ซิกมา ของโมโตโรล่าให้เป็นลักษณะของ Project Based Approach คือเน้นทำเป็นเรื่องๆในระยะเวลาที่กำหนดไว้ (โดยประมาณ 6 เดือน) นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการ และแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเล็งเห็นความสำคัญของการดำเนินงาน และยังเพิ่มในส่วนของวิธีการประเมินผลสำเร็จที่สามารถวัดผลออกมาได้ในรูปของการเงินที่ดีขึ้นของบริษัทด้วยรูปแบบใหม่ของซิกซ์ ซิกมา จึงเป็นที่นิยมมากในบริษัททั่วไป โดยในปัจจุบันเทคนิคซิกซ์ ซิกมา ไม่ได้จำกัดการประยุกต์ใช้เฉพาะกับบริษัทใหญ่เท่านั้นแต่ยังนำไปประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจมากมายไม่ว่าจะเป็น **วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม** (SMEs) องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิต ตลอดจนงานบริการ โดยลักษณะการประยุกต์ใช้แตกต่างกันบ้างตามรูปแบบธุรกิจ

2.1.1.2 ความหมายของซิกซ์ ซิกมา

ได้มีหลายๆท่าน ได้กล่าวถึงความหมายของซิกซ์ ซิกมาได้ ดังนี้

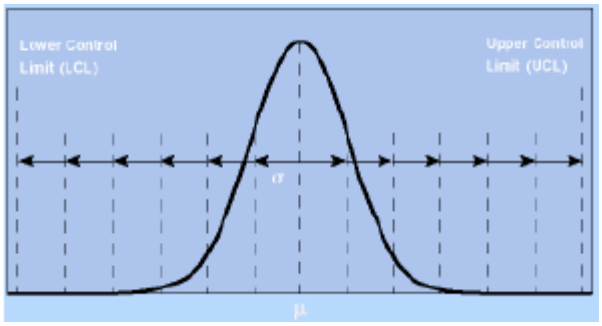
Breyfogle (2001) ได้ให้ความหมายของซิกซ์ ซิกมาไว้ว่า ซิกซ์ ซิกมาคือส่วนผสมอันกลมกลืนระหว่างความฉลาดหลายๆด้านในการบริหารองค์การ โดยการพัฒนากลวิธีทางสถิติเพื่อใช้เป็นอาวุธองค์กร โดยเป้าหมายสูงสุดของซิกซ์ ซิกมานี้ ได้เน้นไปที่การนำเอาซิกซ์ ซิกมามาใช้เป็นกลยุทธ์ของกิจการมากกว่าที่จะเป็นวิธีการควบคุมคุณภาพในกระบวนการ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ซิกซ์ ซิกมา คือวิธีการและการประยุกต์ใช้กลวิธีทางสถิติในองค์กรเพื่อที่จะช่วยให้องค์กรสามารถเพิ่มผลผลิต และทำกำไรได้เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในภาคการผลิตสินค้าและบริการ

Harry และ Schroeder (2000) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา เป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการบริหาร ซึ่งมีเป้าหมายอยู่ที่ความผิดพลาดหรือของเสียที่น้อยกว่า 4 ใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน โดยรวมเอาวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ซึ่งประกอบด้วย รูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสม และการตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งทำให้ลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณค่าของผลิตภัณฑ์

Evan และ Lindsay (2005) กล่าวว่า ซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการปรับปรุงกระบวนการทางธุรกิจเพื่อหาหนทางและกำจัดต้นเหตุของปัญหาในการเกิดของเสียและความผิดพลาด ลดรอบเวลาการผลิตและต้นทุนการผลิต ปรับปรุงผลผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ดีขึ้นสามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สินและผลตอบแทนในกระบวนการผลิตและการบริหาร โดยปรับปรุงบนพื้นฐานกระบวนการแก้ปัญหา DMAIC หรือ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะการติดตามควบคุม (Control Phase) ที่ได้มีการรวบรวมเครื่องมือทางสถิติและเครื่องมือในการปรับปรุงการผลิตไว้มากมาย

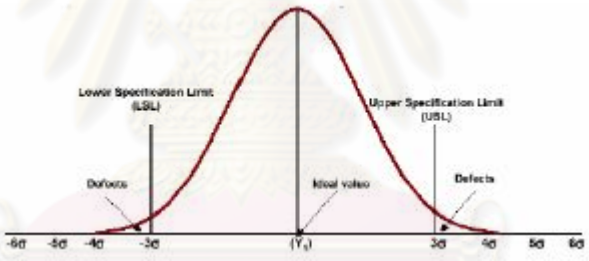
Cherry และ Seshadri (2000) อธิบายว่า ซิกซ์ ซิกมา คือวิธีการในการจัดการคุณภาพโดยมีพื้นฐานจากการใช้วิธีการทางสถิติที่เข้มงวด ควบคุมกระบวนการใช้เครื่องมือทางสถิติดั้งเดิมด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติที่เคร่งครัดและวิธีการแก้ปัญหาที่เป็นระบบ เป้าหมายอยู่ที่รากเหง้าของปัญหาของความแปรปรวน และให้นิยามความหมายของกระบวนการใหม่สำหรับผลในระยะยาว

ในความหมายทางสถิติ ระดับของซิกม่าที่สูงขึ้น วัดจากอัตราของเสียที่ลดลงและประสิทธิภาพของกระบวนการที่สูงขึ้น ภายใต้เส้นโค้งปกติ (Normal Curve) ดังรูปที่ 2.1



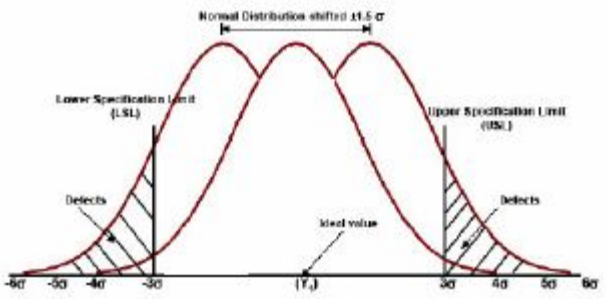
รูปที่ 2.1 เส้นโค้งปกติ (Normal Curve)

เริ่มต้นในทศวรรษที่ 20 Walter Shawhart แสดง 3 ซิกม่า จากค่าเฉลี่ยไปถึงจุดที่กระบวนการต้องการ และมีหลายๆมาตรฐานการวัด เช่น การลดของเสียให้เป็นศูนย์ (Zero Defect) ที่เป็นวิธีการควบคุมคุณภาพต่อๆมา โดยแสดงการควบคุมของกระบวนการในขอบเขต 3 ซิกม่าใน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การควบคุมกระบวนการภายในขอบเขต 3σ

ระดับของการควบคุมซิกซ์ ซิกมา เกิดจากการดำเนินกระบวนการจนกระทั่งอยู่ในสภาพเสถียร ค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะเลื่อน (Shift) ออกไปทั้ง 2 ฝั่งของค่าเฉลี่ยเดิมของกระบวนการ เป็นระยะทาง 1.5σ (Breyfogel, 2001) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การกระจายแบบปกติ และการเคลื่อนตัวออกจากค่าเฉลี่ย 1.5σ

ซิกซ์ ซิกมา ถูกพัฒนาและประยุกต์ใช้โดยใช้ความรู้ทางสถิติ ตั้งประเด็นในเชิงสถิติ และปริมาณของซิกซ์ ซิกมา ในมุมมองทางสถิติ รูปแบบของซิกซ์ ซิกมา ได้ให้คำจำกัดความถึงโอกาสความผิดพลาดที่น้อยกว่า 3.4 หน่วยในล้าน (Defect Per Opportunities, DPMO) หรืออัตราของความสำเร็จเท่ากับ 99.9999966% เป้าหมายของซิกซ์ ซิกมาเป็นระดับคุณภาพที่เข้มงวดมากๆและนำเสนอจุดมุ่งหมายอย่างเปิดเผยภายในองค์กร (Organizations) เทคโนโลยี (Technology) การปฏิบัติการ (Operation) กระบวนการ (Process) และโครงการ (Project) มากมาย

2.1.1.3 ตัววัดระดับคุณภาพ

ในการเลือกตัววัดระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตเพื่อที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพของกระบวนการมีอยู่หลายทางเลือก เช่น ผลผลิต(Yield) อัตราส่วนของดีที่ผลิตได้ (Rolled Throughput Yield) ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (C_p , C_{pk}) อัตราส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นต่อล้านหน่วย (Part Per Million: PPM) หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากคุณภาพที่ไม่ดีของผลิตภัณฑ์ (Cost of Poor Quality) และค่าระดับคุณภาพซิกม่า (Sigma Quality Level) เป็นต้น

ในแนวคิดซิกซ์ ซิกมานี้จะอ้างถึงค่าระดับคุณภาพซิกม่า เพื่อบ่งบอกถึงระดับของคุณภาพของกระบวนการ ซึ่งต่างจากคำว่า ซิกม่า ที่หมายถึงค่าซิกม่า ซึ่งเป็นค่าของความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการกระจายตัวของข้อมูลในทางสถิติ กล่าวคือค่าระดับคุณภาพซิกม่า ยิ่งมีค่าที่มากขึ้นจะบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนเท่ากับ 0.002 ชิ้นต่อหนึ่งล้านหน่วยผลิตเมื่อคิดที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ตรงจุดกึ่งกลาง และเมื่อคิดที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการเลื่อนไปจากจุดกึ่งกลางเท่ากับค่าระดับคุณภาพซิกม่า ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละ Sigma Quality Level

Sigma Quality Level	Mean at Center		Mean Shifted 1.5s	
	Percentage	DPPM	Percentage	DPPM
1	68.27	317300	30.23	697700
2	95.45	45500	69.13	308700
3	99.73	2700	93.32	66810
4	99.9937	63	99.379	6210
5	99.999943	0.57	99.9767	233
6	99.9999998	0.002	99.99966	3.4

หรือหากคำนวณเป็นค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการจะได้ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการที่ 6 ซิกม่า มีค่าเท่ากับ C_p = 2.0 และ C_{pk} = 1.5 (คิดค่าเฉลี่ยของข้อมูลเลื่อนไปจากจุดกึ่งกลางของการกระจายเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$)

2.1.1.4 **การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกมา**

การดำเนินการตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาแบ่งออกเป็น 5 ระยะ โดยเป็นไปตามกระบวนการ DMAIC ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดวงจรการบริหารคุณภาพ (PDCA) ของเดมมิง นั่นคือ ระยะนิยามปัญหา (Define Phase) ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase) และระยะการติดตามควบคุม (Control Phase) ซึ่งในแต่ละระยะมีรายละเอียดและเครื่องมือที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ดังต่อไปนี้

a) ระยะนิยามปัญหา (Define)

เป็นช่วงที่มีความสำคัญที่สุดในกระบวนการ DMAIC โดยมีการกำหนดความต้องการของลูกค้าและเป้าหมายของกระบวนการ/ผลิตภัณฑ์/บริการ รวมทั้งการระบุรายละเอียดปัญหาและผลกระทบต่อธุรกิจ ซึ่งระยะนิยามปัญหานี้มีรายละเอียดและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) รายละเอียดเอกสารโครงการ (Project Charter)

เอกสารโครงการควรประกอบด้วยรายการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- กรณีธุรกิจสำหรับการคัดเลือกโครงการ (Business Case for the Project Selection) โดยระบุถึงลำดับความสำคัญของโครงการ

- ข้อความแสดงถึงปัญหาเบื้องต้น (Preliminary Problem Statement) โดยแสดงความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับเป้าหมายหรือสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง ซึ่งข้อความแสดงถึงปัญหาจะต้องสัมพันธ์กับกรณีธุรกิจ และต้องสามารถวัดผลได้
- กำหนดขอบเขตของโครงการ (Project Scope) ไว้อย่างชัดเจน
- กำหนดเป้าหมายและระยะเวลาตามเป้าหมาย เพื่อใช้ติดตามผลและประเมินความคืบหน้าของโครงการ
- บทบาทและความรับผิดชอบของคณะทำงาน

2) ปัจจัยหลักทางคุณภาพสำหรับลูกค้า หรือ Critical to Quality (CTQ)

โดยมุ่งศึกษาความต้องการหรือสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง ดังนั้นงานแรกที่ต้องดำเนินการนั่นคือ การระบุว่าใครคือลูกค้า และปัจจัยที่สามารถตอบสนองให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจสูงสุดหรือที่เรียกว่า Voice of the Customer (VOC) ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆที่สำคัญ เช่นการกระจายหน้าที่ทางคุณภาพ (Quality Function Deployment) หรือ QFD การเทียบเคียง (Benchmarking) การสำรวจ การสัมภาษณ์ และข้อมูลประวัติที่ผ่านมานอกจากนี้ ยังได้มีการใช้แบบจำลองคาโนสำหรับวิเคราะห์ เรียกว่า Kano Analysis ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดผลทางคุณภาพ (Quality Measurement Tool) เพื่อใช้สำหรับจำแนกและจัดลำดับความสำคัญความต้องการของลูกค้าที่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า นอกจากนี้ยังใช้ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์จำแนกส่วนของลูกค้าเพื่อเป็นแนวทางกำหนดปัจจัยที่สามารถตอบสนองให้เกิดความพึงพอใจในแต่ละกลุ่มลูกค้า ตามลำดับความสำคัญ (Segment's Priorities)

3) แผนภาพ SIPOC (SIPOC Diagram)

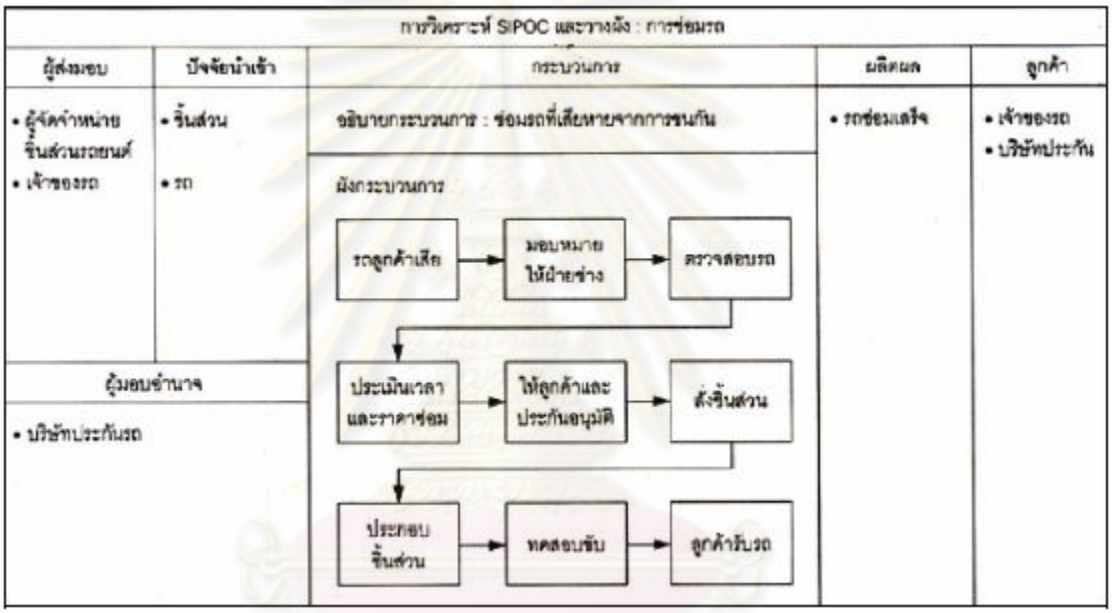
กระบวนการประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ที่สร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการแปรรูปจากปัจจัยนำเข้าเป็นผลิตผลในรูปแบบของสินค้า/บริการและนำมาเขียนเป็นแผนภาพ SIPOC ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง นั่นคือ

- ผู้ส่งมอบ (S: Suppliers) คือ ผู้ทำหน้าที่จัดหาทรัพยากร/วัตถุดิบเพื่อป้อนเข้าสู่กระบวนการ
- ปัจจัยนำเข้า (I: Inputs) คือ ทรัพยากร/วัตถุดิบ และข้อมูล ที่จำเป็นต่อกระบวนการ
- กระบวนการ (P: Process) คือ ขั้นตอนแปรรูปปัจจัยนำเข้าให้เกิดเป็นผลิตผล
- ผลิตผล (O: Outputs) คือ ผลลัพธ์จากกระบวนการและแสดงในรูปของผลิตภัณฑ์/บริการเพื่อส่งมอบให้ลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ลูกค้า (C: Customer) คือ บุคคล องค์กร หรือกระบวนการถัดไปที่รับปัจจัยที่ออกจากกระบวนการก่อนหน้า

แผนภาพ SIPOC เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับโครงการปรับปรุงก่อนที่จะเริ่มดำเนินการและถูกใช้ในช่วงวัดผล (Measure phase) ต่อไป ซึ่งรายละเอียดแผนภาพ SIPOC จะสามารถช่วยให้มองเห็นภาพของกระบวนการธุรกิจได้ในมุมมองของกระบวนการ และให้ทราบว่าใครคือผู้ส่งมอบปัจจัยนำเข้าสู่กระบวนการ อะไรคือข้อกำหนด/คุณสมบัติ (Specification) สำหรับปัจจัยนำเข้า ใครบ้างคือลูกค้าของกระบวนการ อะไรคือความต้องการของลูกค้า ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้แผนภาพ SIPOC สำหรับวิเคราะห์

b) ระยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measure phase)

การวัด (Measure) เป็นช่วงที่มีการเก็บข้อมูลเพื่อทำการประเมินและวัดผลของการปฏิบัติงาน ตัวชี้วัดในรูปแบบต่างๆ เช่น อัตราส่วนของดีที่ผลิตได้ (Rolled Throughput Yield) โอกาสเกิดข้อบกพร่องในล้านหน่วย (DPMO) ความสามารถกระบวนการ (Process Capability) เป็นต้น และต้องการวิเคราะห์ระบบการวัดโดยการทำวิเคราะห์ระบบการวัด (Gauge R&R) จากนั้นศึกษาแหล่งที่มาของสาเหตุของปัญหารวมทั้งมีการวิเคราะห์และจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่เป็นไปได้เพื่อเลือกปัญหาที่คาดว่าจะมีผลกระทบรุนแรงมาทำการแก้ไข

1) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2549) ได้ให้ความหมายของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Study) ไว้ว่า การกำหนดตัวพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการแล้วทำการวัดเพื่อการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงพารามิเตอร์ดังกล่าว และถ้าข้อมูลอยู่ภายใต้การควบคุมก็จะทำการอนุมานทางสถิติสำหรับกระบวนการที่ศึกษาต่อไปและอาจเรียกการศึกษานี้ว่าการกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Product Characterization)

ส่วนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis) หมายถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการ (อาจอยู่ในรูปของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่ระบุทั้งรูปทรง ค่ากลาง และปริมาณการกระจายของการแจกแจง) และวิเคราะห์ความผันแปรนี้กับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาถึงแหล่งความผันแปรต่างๆเพื่อหาทางลดความผันแปรที่ศึกษาต่อไป

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการมีขั้นตอนหลักๆดังนี้

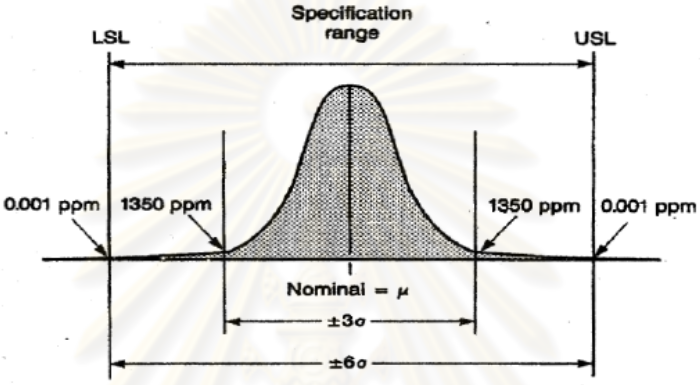
- การทดสอบข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ซึ่งสามารถดำเนินการได้จากการทวนสอบแบบ (Design Output) ของผลิตภัณฑ์และทบทวนข้อตกลงกับลูกค้าว่ายอมรับข้อกำหนดเฉพาะดังกล่าวหรือไม่
- การชักสิ่งตัวอย่างจากกระบวนการ ทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว
- การทวนสอบสภาวะเสถียรภาพของกระบวนการโดยอาศัยแผนภูมิควบคุมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จากสิ่งตัวอย่างอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติสำหรับกำหนดคุณสมบัติในด้านความสามารถคาดการณ์ได้หรือไม่
- การประเมินค่ามาตรฐานข้อกำหนด (Z-Score)
- การประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ พร้อมการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปรเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

ความสามารถกระบวนการระยะสั้น คือ การเอาลักษณะของความผันแปรของกระบวนการอันเนื่องมาจากสาเหตุทางธรรมชาติภายใต้การควบคุม โดยทำการศึกษาในระยะสั้นมาอธิบายความมีประสิทธิภาพของกระบวนการว่ามีความสามารถในการผลิตให้ได้อยู่ในช่วงข้อกำหนดเฉพาะมากน้อยเพียงใด

$$C_p = \frac{\text{ความต้องการของลูกค้า}}{\text{ความสามารถของกระบวนการ}} = \frac{USL-LSL}{6\sigma} \qquad (2.1)$$

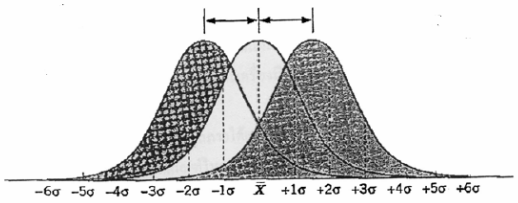
ความสามารถกระบวนการระยะยาว (Long Term Process Capability : C_{pk}) คือ การศึกษาถึงประสิทธิภาพของกระบวนการในระยะยาว เพื่อทำการประเมินล่วงหน้าถึงความสามารถของกระบวนการ และแนวทางในการควบคุมกระบวนการตลอดช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน

$$C_{pk} = \frac{\text{ความต้องการของลูกค้า}}{\text{ความสามารถของกระบวนการ}} = \min\left[\frac{USL-\bar{X}}{3\sigma}, \frac{\bar{X}-LSL}{3\sigma}\right] \quad (2.2)$$



รูปที่ 2.5 การแจกแจงปกติเปรียบเทียบระดับมาตรฐาน $\pm 3\sigma$ และ $\pm 6\sigma$

จากสมการที่ 2.2 เมื่อการกระจายของข้อมูลอยู่กึ่งกลางมาตรฐานตามภาพที่ 2.5 ค่า C_{pk} จะเท่ากับ 2 เหมือนกับ C_p ซึ่งหมายถึง โอกาสเกิดของเสียเท่ากับ 0.002 PPM แต่เมื่อมาพิจารณาจากค่าความสามารถของกระบวนการในระยะยาวนั้น จะพบว่าในกระบวนการใดๆ ค่ากลางของข้อมูลมักมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ตั้งไว้ในตอนแรก (Setting Value) โดยมักจะเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $\pm 1.5\sigma$ โดยปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “Shifts and Drifts” เมื่อกระบวนการได้มีการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา แล้วจะทำให้มีโอกาสในการเกิดของเสียเท่ากับ 3.4 PPM พบว่า โอกาสในการเกิดของเสียนั้นน้อยมาก ดังภาพที่ 10.6 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าตั้งโดยธรรมชาติ $\pm 1.5\sigma$



Spec Limit	Percent	Defective ppm
±1σ	30.23	667700
±2σ	69.13	308700
±3σ	93.32	66810
±4σ	99.3890	6210
±5σ	99.97670	233
±6σ	99.999660	3.4

รูปที่ 2.6 การเปลี่ยนแปลงค่าตั้งโดยธรรมชาติ $\pm 1.5\sigma$

จากการริเริ่มของบริษัทโมโตโรล่าในการใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมาพัฒนากระบวนการทุกๆด้านของบริษัทโดยการตั้งเป้าหมายที่ $\pm 6\sigma$ นี้ทำให้คุณภาพของกระบวนการผลิตดีขึ้นอย่างมากซึ่งส่งผลให้สามารถลดต้นทุนลงได้จากความสำเร็จทำให้เป้าหมายเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ซึ่งองค์กรมากมายต่างให้ความสนใจและนำวิธีการซิกซ์ ซิกมามาพัฒนาองค์กรเพื่อสามารถแข่งขันและเป็นผู้นำทางธุรกิจ

2) **ความสามารถของกระบวนการวัด** (Gauge R&R, Repeatability and Reproducibility)

- **ความสำคัญของการวัด** (Measurement)

การวัดเปรียบเสมือนบันไดขั้นแรกที่นำไปสู่การควบคุม และการปรับปรุงคุณภาพต้องอาศัยข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาสาเหตุในการแก้ปัญหา

การตัดสินใจต้องอยู่บนพื้นฐานของ ข้อมูลสารสนเทศ (Information) ซึ่งวิเคราะห์ (Analyze) มาจากข้อมูล (Data) เพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง ต้องอาศัยข้อมูลที่เที่ยงตรง แม่นยำ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้

a. เครื่องมือวัด
b. วิธีการวัด
c. ผู้วัด

- **การวัด** (Measurement)

a. ความถูกต้อง (Validity)
b. ความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution)
c. ความเที่ยงตรง (Precision)
d. ความแม่นยำ (Accuracy)

- **ความถูกต้อง** (Validity)
  a. เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนา “ระบบการวัด” (Measurement System)
  b. วิธีการวัดต้องสามารถแสดงจำนวน หรือปริมาณที่สนใจ

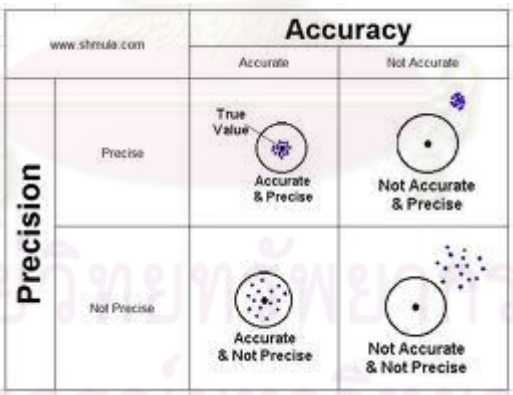
- **ความละเอียดของเครื่องมือวัด** (Resolution)

a. เช่นถ้าต้องการวัดน้ำหนักของชิ้นงาน (Parts) ซึ่งมีความแตกต่างกันในหน่วยของกรัม (171, 175, 173 กรัม) ดังนั้นความละเอียดของเครื่องมือวัดต้องละเอียดสามารถวัดได้มากกว่าหน่วยกรัม แต่ต้องละเอียดถึงทศนิยมของกรัม

b. “ A sign of poor resolution” คือวัดตัวอย่างหลายตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ค่าจากการวัดมีค่าเท่ากัน

- **ความเที่ยงตรง** (Precision)

ความเที่ยงตรง (Precision) เป็นคุณสมบัติของวิธีวัด (Measurement Method) หรือเครื่องมือวัด (Measurement Device) เครื่องมือวัด หรือระบบวัดจะมีความเที่ยงตรงมาก หรือน้อยพิจารณาจากขนาดของความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยวัดวัตถุชิ้นเดียวกันหลายครั้ง โดยใช้ผู้วัด วิธีวัด เครื่องมือวัด ชุดเดียวกัน ถ้าค่าจากการวัดวัตถุชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้งได้ค่าใกล้เคียงกัน (โดยไม่สนใจว่าค่านั้นจะเป็นค่าที่ถูกต้องหรือไม่) หรือขนาดของความผันแปรในการวัดซ้ำเกิดขึ้นน้อย แสดงว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงสูง



รูปที่ 2.7 ภาพเปรียบเทียบความถูกต้องและความแม่นยำ

- **ความแม่นยำ** (Accuracy)

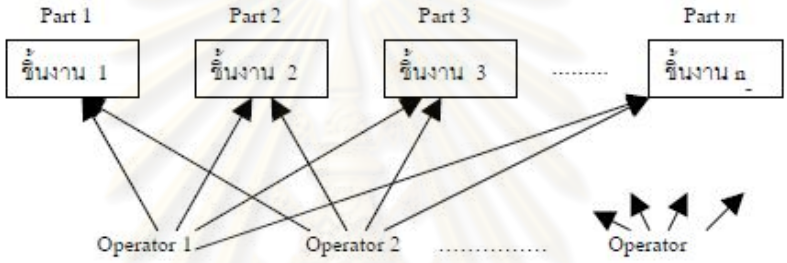
คือความสามารถของระบบวัดที่สามารถวัดได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง หรือค่าจริง หรือในกรณีที่มีการวัดซ้ำ ค่าเฉลี่ยของค่าวัดควรมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง

- **การศึกษาระบบการวัด** (Gauge R&R measurement system)

a. การศึกษาระบบการวัด เพื่อศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยงตรง (Precision) ของระบบการวัด

b. ให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับสาเหตุของ “ความผิดพลาดจากการวัด” (Measurement Errors) โดยใช้ผู้วัด (Operators) หลายคน แต่ใช้เครื่องมือและระบบการวัดเดียวกัน

c. ผู้วัดแต่ละคนวัดชิ้นงานซ้ำกันทั้งสิ้นจำนวน n_M ครั้งโดยใช้เครื่องมือวัดและวิธีวัดเดียวกันโดยชิ้นงานที่ถูกวัดมีทั้งสิ้นจำนวน n_p ชิ้น และผู้วัดมีจำนวนทั้งสิ้น n_{op} คน



รูปที่ 2.8 การศึกษาระบบการวัด

- **ตัวอย่างการศึกษาความสามารถของการวัด** (Gauge R&R)

a. วัดความหนาของชิ้นงานแผ่นเวเฟอร์

b. จำนวนชิ้นงานมีทั้งสิ้น 10 ชิ้น (n_p = 10 ชิ้น)

c. จำนวนผู้วัด 3 คน (n_{op} = 3 คน)

d. แต่ละชิ้นงานวัดซ้ำจำนวน 2 ครั้ง (n_m = 2 รอบ, Repeat measurements)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 **(ก)** ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 1

ผู้วัดคนที่ 1 (A)				
ชิ้นงาน #	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	$\overline{X}_{Ai}$	R_{Ai}
1	0.062	0.66	0.64	0.04
2	0.99	1.00	0.995	0.01
3	0.82	0.81	0.815	0.01
4	0.85	0.87	0.870	0.04
5	0.59	0.48	0.635	0.11
6	1.02	1.03	1.025	0.01
7	0.97	0.97	0.970	0.00
8	0.85	0.82	0.835	0.03
9	1.04	1.95	1.045	0.01
10	0.84	0.80	0.820	0.04
			$\overline{X}_A$ =	$\overline{R}_A$ = 0.030

ตารางที่ 2.2 **(ข)** ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 2

ผู้วัดคนที่ 2 (B)				
ชิ้นงาน #	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	$\overline{X}_{Bi}$	R_{Bi}
1	0.53	0.53	0.53	0.00
2	1.05	0.93	0.990	0.12
3	0.80	0.77	0.785	0.03
4	0.83	0.76	0.795	0.07
5	0.39	0.40	0.395	0.01
6	1.04	1.08	1.060	0.04
7	0.97	0.91	0.940	0.06
8	0.73	0.70	0.715	0.03
9	0.98	0.95	0.965	0.03
10	0.54	0.60	0.570	0.06
			$\overline{X}_B$ =	$\overline{R}_B$ = 0.045

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 **(ค)** ตัวอย่างการเก็บข้อมูลการวัดของผู้วัดคนที่ 3

ผู้วัดคนที่ 3 (C)				
ชิ้นงาน #	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	$\overline{X}_C$	R_C
1	0.51	0.55	0.530	0.04
2	1.05	1.02	1.035	0.03
3	0.80	0.77	0.785	0.03
4	0.79	0.81	0.800	0.02
5	0.45	0.490	0.476	0.09
6	1.01	1.05	1.030	0.04
7	0.96	0.96	0.930	0.04
8	0.80	0.81	0.805	0.01
9	1.00	1.00	1.00	0.00
10	0.61	0.700	0.655	0.09
			$\overline{X}_C$ =	$\overline{R}_C$ = 0.030

- **ความสามารถของการวัดซ้ำ** (Gauge Repeatability)

ความสามารถในการวัดซ้ำ โดยใช้ผู้วัดคนเดียวกัน (a fix Operator) ใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน วัดชิ้นงานเดียวกันซ้ำหลายครั้ง (n_m = 2 รอบ) เปรียบเทียบความสามารถของการวัดซ้ำของผู้วัดแต่ละคน โดยพิจารณาจากขนาดความผันแปร หรือค่าพิสัย

ตารางที่ 2.3 วิเคราะห์และเปรียบเทียบความสามารถในการวัดซ้ำแต่ละคน

สรุปข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการวัดซ้ำของผู้วัดแต่ละคน			
ชิ้นงานชิ้นที่	R_{Ai}	R_{Bi}	R_{Ci}
1	0.04	0.00	0.04
2	0.01	0.12	0.03
3	0.01	0.03	0.03
4	0.04	0.07	0.02
5	0.11	0.01	0.09
6	0.01	0.04	0.04
7	0.00	0.06	0.04
8	0.03	0.03	0.01
9	0.01	0.03	0.00
10	0.04	0.06	0.09
	$\overline{R}_A$ = 0.030	$\overline{R}_B$ = 0.045	$\overline{R}_C$ = 0.030

ศึกษาความสามารถในการวัดซ้ำโดยรวมของผู้วัด โดยพิจารณาค่าพิสัยรวมระหว่างผู้วัด

$$\sigma_{Repeat} = [\bar{R}/d_2(n_M) \tag{2.3}$$

โดย

$$\bar{R} = \frac{\bar{R}A+\bar{R}B+\bar{R}C}{3} \tag{2.4}$$

ตารางที่ 2.4 สรุปข้อมูลในการวัดซ้ำ

สรุปข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ				
ชิ้นงาน #	$\overline{X}_{Ai}$	$\overline{X}_{Bi}$	$\overline{X}_{Ci}$	R_{oi}
1	0.64	0.53	0.530	0.110
2	0.995	0.990	1.035	0.045
3	0.815	0.785	0.785	0.030
4	0.870	0.795	0.800	0.075
5	0.635	0.395	0.476	0.140
6	1.025	1.060	1.030	0.035
7	0.970	0.940	0.930	0.040
8	0.835	0.715	0.805	0.120
9	1.045	0.965	1.00	0.080
10	0.820	0.570	0.655	0.250
				$\overline{R}_{op}$ = 0.095

- **ความสามารถในการทำซ้ำ** (Gauge Reproducibility)

ความสามารถของการทำซ้ำโดยใช้ผู้วัดหลายคนเพื่อวัดชิ้นงานเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน ใช้วิธีเดียวกัน(the variability due to difference operators using gage) วัดความสามารถการทำซ้ำโดยพิจารณาความผันแปร (Variation) ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้วัด (จำนวนผู้วัด n_{op} คน)

$$\sigma^2 Reprod = \sqrt{[\frac{\bar{R}op}{d_2(n_{op})}]^2 . \frac{[\bar{r}/d_2(n_M)]^2}{n_M}} \quad (2.5)$$

โดย

$$\bar{R}op = \frac{Rop1+Rop2+\cdots Rop10}{10} \quad (2.6)$$

- **ความผันแปรรวมจากการวัด** (Total Variation)

คือความผันแปรที่เกิดจากผู้วัดหลายคน วัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้ง

$$\sigma_T{}^2 = \sigma_{Repeat}{}^2 + \sigma_{Reprod}{}^2 \quad (2.7)$$

โดย

$\sigma_{Repeat}{}^2$ คือ ค่าความผันแปรที่เกิดจากการวัดซ้ำ โดยใช้ผู้วัดคนเดียวกันวัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันหลายครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$\sigma_{Reprod}{}^2$ คือ ค่าความผันแปรที่เกิดจากผู้วัดหลายๆคนวัดชิ้นงานเดียวกัน

- **สัดส่วนความผันแปร** (Ratios)

$$\frac{\sigma_{Repeat}{}^2}{\sigma_{Repeat}{}^2+\sigma_{Reprod}{}^2} \quad (2.8)$$

- **สรุป**

การผลิตสินค้าแต่ละชนิดจะต้องผลิตให้ตรงตามความต้องการของลูกค้า และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เที่ยงตรงแม่นยำเพื่อเป็นประโยชน์ช่วยให้การตัดสินใจถูกต้องแม่นยำต้องอาศัยเครื่องมือวัด วิธีวัด ผู้วัด ซึ่งเราสามารถวัดความสามารถของการวัดและผู้วัดได้จากค่า $\sigma_{Repeat}{}^2$ และค่า $\sigma_{Reprod}{}^2$ รวมทั้งสามารถหาความผันแปรจากการวัดได้จากค่า $\sigma_T{}^2$

3) **การระดมความคิด** (Brainstroming)

การระดมความคิดเป็นวิธีการรวบรวมความคิดเห็นจากกลุ่มคนให้มากที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น การระดมความคิดเป็นวิธีการประชุมชนิดหนึ่งที่ให้ประสิทธิภาพมาก สามารถนำไปใช้ประโยชน์มากมาย เช่น ใช้ในการเลือกปัญหา หาสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาหรือหาข้อยุติในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยอาศัยความคิดของกลุ่มบุคคลเป็นเครื่องตัดสิน

หลักของการระดมความคิด มีดังนี้

- หัวข้อที่จะใช้ในการระดมความคิดจะต้องมีความชัดเจน
- ทำให้ผู้ร่วมระดมความคิดได้เสนอแนะมีโดยอิสระทางความคิดไม่ต้องระวังหรือกลัวที่จะถูกวิพากษ์วิจารณ์
- การเสนอแนะควรรวบรัดเพื่อการระดมความคิดที่รวดเร็ว
- เป้าหมายหลักของการระดมความคิดคือปริมาณของข้อเสนอแนะทางความคิด
- มุ่งไปที่การเพิ่มเติมข้อเสนอแนะของบุคคลอื่นรวมทั้งการเสนอแนวคิดใหม่ๆ
- บรรยากาศในการระดมความคิดควรทำให้เกิดการเสนอแนะความคิดที่สร้างสรรค์และสิ่งใหม่ๆ

4) **ผังแสดงเหตุและผล** (Cause and Effect Diagram)

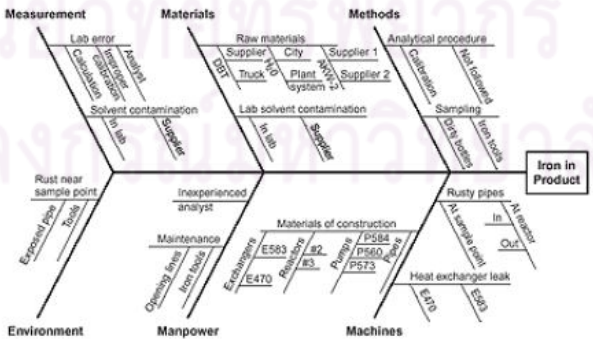
ผังแสดงเหตุและผลเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) หรือแผนภาพโอชิกาว่า (Ishikawa Diagram) เป็นแผนภาพที่แสดงสาเหตุ (Cause) และผล (Effect) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของคุณภาพกับสาเหตุของมัน โดยการดึงเอาสาเหตุที่เป็นไป

ได้ทั้งหมดออกมาเรียบเรียงสาเหตุที่มีผลต่อคุณภาพ มีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการระดมสมองจากสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้เห็นปัญหาอย่างเป็นระบบและทราบสาเหตุของเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งสาเหตุที่ได้นั้นจะละเอียดลึกซึ้งและมีขั้นตอนตามเหตุตามผล สะดวกที่จะนำสาเหตุนั้นๆไปพิจารณาแก้ไข อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆได้มากมาย ช่วยชี้นำหรือช่วยในการอภิปรายรวบรวมประเด็นในการอภิปรายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ผังก้างปลา จะพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาออกเป็นหัวข้อหลักทั้งหมด 6 กลุ่ม ดังนี้

- สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน (Man)
- สาเหตุจากเครื่องจักร (Machine)
- สาเหตุจากวัตถุดิบ (Material)
- สาเหตุจากวิธีการทำงาน (Method)
- สาเหตุจากระบบการวัด (Measurement)
- สาเหตุจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment)

การใช้แผนภูมิก้างปลาต้องอาศัยการระดมความคิดจากบุคคลหลายๆฝ่าย ถือเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการระดมความคิด (Brainstorming) อย่างไรก็ดีตามการระดมความคิดแบบใช้แผนภูมิก้างปลาถึงแม้จะให้ผลดี แต่ก็ทำได้ยากเพราะการเขียนก้างปลาให้ถูกต้องและครอบคลุมสาเหตุของปัญหาให้กว้างขึ้นนั้น จำเป็นต้องอาศัยผู้นำกลุ่มหรือประธานในการระดมความคิดที่ดีมีความสามารถและมีประสบการณ์มาก



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

5) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

เป็นตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองที่ทำการศึกษา (KPOVs) กับปัจจัยนำเข้าที่สำคัญต่างๆ ที่ได้จากการระดมสมองโดยใช้ผังแสดงเหตุและผล โดยจะวิเคราะห์ถึงระดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญนี้ที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองต่างๆที่พิจารณา โดยใช้ความรู้ความชำนาญและประสบการณ์ในการปฏิบัติงานของผู้ร่วมทำการระดมสมอง ผลลัพธ์ที่สำคัญของการทำตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จะต้องทำแผนภูมิพาเรโตเพื่อเรียงปัจจัยตามลำดับ ผลกระทบที่มีต่อปัญหาที่ทำการพิจารณาทำให้สามารถพิจารณาเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญในระดับต้นๆ มาทำการแก้ไขก่อน หรือนำผลที่ได้มาใช้ในการประเมินแผนการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต

ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลจะมีการกำหนดคะแนนตามความสำคัญของต่อลูกค้าและเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ทางธุรกิจ ตัวเลขที่สูงจะแสดงถึงความสำคัญที่มาก ในแต่ละแถวจะแสดงตัวแปรจากผังกระบวนการหรือสาเหตุจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ส่วนจุดตัดของแต่ละแถวกับแต่ละคอลัมน์จะใช้สำหรับป้อนค่าระดับความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อยู่ในแถว (นอน) และคอลัมน์ ถ้าหากมีความสัมพันธ์กันมากน้ำหนักในที่นี้ก็จะมีค่าสูงขึ้น จำนวนค่าความสัมพันธ์ที่ป้อนในแต่ละช่องตามแนวนอน เมื่อนำมาคูณกับค่าความสำคัญในแถวบนแล้วรวมกับผลคูณที่ได้ไว้ในช่องขวามือสุดก็จะเป็นการบ่งบอกถึงความรุนแรงของผลกระทบที่จะมีผลต่อผลผลิตค่าที่มีระดับคะแนนอยู่ในระดับสูงสุด จะสามารถอนุโลมได้ว่าเป็นตัวแปรหลักที่จะนำไปสู่กระบวนการผลิต (KPIVs) ซึ่งควรจับตามองและศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้ดีขึ้น

C) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

ระยะนี้เป็นการวิเคราะห์ (Analysis) โดยมุ่งวิเคราะห์จำแนกสาเหตุปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ได้รับในช่วงก่อน เพื่อใช้ระบุปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังเช่นการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) การวิเคราะห์ความผันแปร (Analysis Of Variance) หรือ ANOVA รวมทั้งแผนภูมิพาเรโต แผนภูมิก้างปลา การใช้คำถาม 5 ครั้ง (5 Whys?) แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment หรือ DOE) ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ดังนั้นจึงได้นำเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองในระยะนี้

1) การออกแบบทดลองเชิงสถิติ

การออกแบบการทดลอง (Design Of Experiment) เป็นกระบวนการวางแผนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์หลักการทางสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้า (Input Variable) ใดมีผลต่อสิ่งที่ให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ออกมาจากระบบ (Output Response) โดยทั่วไปการทดลองจะถูกใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการหรือระบบ โดยส่วนใหญ่ลักษณะของกระบวนการเริ่มจากการรวมกัน ของปัจจัยนำเข้า (Input) อันประกอบด้วย เครื่องจักร คน วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่นๆผ่านเข้าไปยังกระบวนการและปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นจะเปลี่ยนรูปออกมาเป็นผลลัพธ์ (Output)

<u>การเลือกแบบการทดลอง</u>

- **แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์** (Completely Randomized Design)

เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะกับการทดลองที่แยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุความผันแปรผันของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุของปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

- **การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์** (Randomized Complete Block Design)

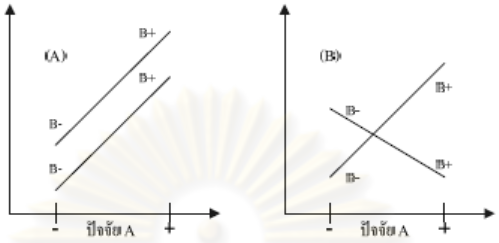
ในบางการทดลองอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้แผนการใช้การทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียวแต่อาจมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วยซึ่งความแปรผันส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลองทำให้ยอดรวมของผลบวกกำลังสองความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์เป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว

- **แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล** (Factorial Design)

การทดลองแบบแฟคทอเรียล เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนองในทุกๆระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Treatment Combination) ที่มีจำนวน 2 ปัจจัยขึ้นไปทุกๆ Treatment Combination ของปัจจัยนำเข้าทุกตัว จะได้รับการศึกษาไปพร้อมๆกัน

ผลกระทบจากปัจจัยนำเข้าจะนิยามด้วยการตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ศึกษาที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้านี้ เรียกว่า “อิทธิพลหลัก

(Main Effect)" ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองในระดับปัจจัยนำเข้าตัวหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในระดับต่างๆของปัจจัยนำเข้าตัวอื่นๆซึ่งแสดงๆได้โดยพิจารณาจากแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าและตัวแปรตอบสนอง ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่ไม่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (A) และการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลที่มีอันตรกิริยาระหว่างปัจจัย (B)

จากรูปที่ 2.10A จะเห็นได้ว่า เส้นของ B- และ B+ จะประมาณได้ว่าขนานกัน ซึ่งลักษณะของกราฟเช่นนี้จะบ่งบอกถึงการไม่มีอันตรกิริยาซึ่งกันและกันของปัจจัยทั้งสอง ในทำนองเดียวกันจากรูปที่ 2.10B จะเห็นได้ว่า เส้นของ B- และ B+ ไม่ขนานกันและสามารถกล่าวได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีอันตรกิริยากันบ่อยครั้งที่กราฟลักษณะเช่นนี้ไม่ควรนำมาใช้แทนเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติเพราะว่าการตีความจากกราฟค่อนข้างที่ขึ้นอยู่กับความคิดเห็นส่วนบุคคลซึ่งอาจทำให้เกิดการเข้าใจผิดหรือวิเคราะห์ผิดพลาดได้

d) ระยะการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

ระยะปรับปรุง (Improve) เป็นระยะที่หาระดับที่เหมาะสม โดยการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) มีรายละเอียดดังนี้

<u>การออกแบบการทดลองสำหรับพื้นผิวผลตอบ</u>

วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหาโดยที่ผลตอบที่เราสนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร และเรามีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบนี้

กราฟฟิตและวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบจะทำได้ง่ายถ้าเราเลือกการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม ซึ่งลักษณะของการของการออกแบบที่ต้องพิจารณาบางประการคือ

- ทำให้เกิดการแจกแจงที่เหมาะสมของข้อมูลตลอดบริเวณที่ทำการพิจารณา
- ทำให้สามารถตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง และ Lake of Fit ได้
- ทำให้การทดลองสามารถเกิดขึ้นได้ในบล็อก
- ทำให้การออกแบบที่มีอันดับ (Order) สูงขึ้น สามารถสร้างขึ้นได้ตามลำดับ
- ให้ค่าประมาณภายในของความผิดพลาด
- ไม่ต้องมีหลายระดับของตัวแปรอิสระ
- คำนวณพารามิเตอร์ในแบบจำลองได้ง่าย

e) ระยะติดตามควบคุม (Control Phase)

ระยะควบคุม (Control) เป็นช่วงสุดท้ายของกระบวนการ DMAIC โดยมีการจัดทำมาตรฐานสำหรับปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ เพื่อรักษามาตรฐานหลังจากที่ได้ดำเนินโครงการปรับปรุง โดยมีการวางแผนควบคุมกระบวนการ เพื่อมุ่งป้องกันไม่ให้ปัญหาต่างๆเกิดขึ้นซ้ำอีก ดังเช่น การปรับปรุงวิธีการทำงาน จัดทำคู่มือการปฏิบัติงาน และจัดทำแผนการฝึกอบรม กำหนดตัวชี้วัดสำหรับควบคุม การตรวจสอบกระบวนการ การใช้กลไกสำหรับตรวจจับความบกพร่องและการติดตามควบคุมกระบวนการใช้แผนภูมิควบคุมหรือการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) รวมทั้งการประเมินและสรุปผลการดำเนินโครงการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 ทฤษฎีและแนวคิดการทำสมดุลสายการผลิต

กรณีของการวางผังโรงงานตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (Product Layout) ถ้ากระบวนการผลิตนั้นเป็นการประกอบผลิตภัณฑ์จากชิ้นส่วนย่อยๆออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ต้องการมักจะเรียกว่าสายการประกอบ (Assembly Line) ลักษณะของการจัดสายการประกอบจะทำการแบ่งงานออกเป็นงานย่อย (Element tasks) แต่เนื่องจากเวลาของแต่ละงานย่อยนั้นมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าทำการจัดทรัพยากร 1 ชุดต่อ1 งานย่อย อาจจะทำให้สายการผลิตนั้นเกิดเวลาว่าง (Idle Time) โดยไม่จำเป็นได้ ดังนั้นจึงมีเทคนิคในการสมดุลสายการผลิต (Line Balancing) เกิดขึ้น

การสมดุลสายการผลิตเป็นกระบวนการในการจัดกลุ่มงานย่อยให้เป็นสถานีทำงาน (Work Station) เป้าหมายคือพยายามทำให้เวลาสถานีทำงานนั้นเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด คำนึงถึงข้อจำกัดในด้านของลำดับก่อนหลังของงานย่อย (Precedence) ความแตกต่างของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรในการทำงานย่อยเป็นการทำให้เกิดการเพิ่มอรรถประโยชน์ (Utilization) ของคนหรืออุปกรณ์ ถ้าเวลาของแต่ละสถานีแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดปัญหาตามมาหลายประการเกิดการรอหรือเวลาว่าง เกิดสภาวะคอขวด (Bottleneck) ที่เกิดอุปสรรคจากสภาพบริเวณการทำงานไม่ดี ทำให้เกิดอุบัติเหตุเป็นต้น

2.1.2.1 แนวคิดพื้นฐานของการสมดุลสายการผลิต

รอบเวลา คือ เวลารวมของงานย่อยที่มากที่สุดที่จะอนุญาตให้จัดสถานีทำงานได้ ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดผลผลิต(Output Capacity) ของสายการผลิตนั้น ตัวอย่างเช่น ถ้ารอบเวลาของสายการผลิตคือ 2 นาที หมายความว่าสายการผลิตจะมีผลผลิตออกมาทุกๆ 2 นาที รอบเวลาสั้นที่สุดที่เป็นไปได้ (Minimum Cycle Time) คือ1.0 นาที และรอบเวลามากที่สุดที่เป็นไปได้ (Maximum Cycle Time) คือ 2.5 นาทีทั้ง 2 ค่านี้จะเป็นสิ่งกำหนดผลผลิตของสายการผลิต สามารถหาได้

$$\text{ผลผลิต} = \frac{\text{เวลาในการทำงานต่อวัน (Operationing Time/Day)}}{\text{รอบเวลา (Cycle Time)}} \qquad (2.9)$$

ถ้าทราบถึงผลิตผลที่ต้องการต่อวัน ก็จะสามารถหารอบเวลาเป้าหมายในการจัดสมดุลสายการผลิตได้

$$\text{รอบเวลา} = \frac{\text{เวลาในการทำงานต่อวัน}}{\text{ผลิตผลที่ต้องการต่อวัน}} \qquad (2.10)$$

หลังจากที่ทำการจัดสมดุลสายการผลิตโดยใช้ เทคนิคต่างๆ แล้ว สามารถเลือกคำตอบที่ดีที่สุดได้โดยดูจากค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ของสายการผลิต หรือ เปอร์เซ็นต์ของเวลาว่าง (Percentage of Idle Time or Balance Delay) ดังสมการที่ 2.12 และ 2.13

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{ผลรวมของเวลาย่อยทั้งหมด}}{\text{จำนวนสถานีทำงานจริง} \times \text{รอบเวลาที่ได้จริง}} \times 100 \qquad (2.11)$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์เวลาว่าง} = 100\% - \%\text{ประสิทธิภาพ} \qquad (2.12)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.3 ทฤษฎีและแนวคิดของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2515)

สถาบันของนักเทคโนโลยีทางด้านอาหาร (The Institute of Food Technologists' ; IFT) ในหน่วยของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำนิยามของคำว่า "ประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation)" ว่า เป็นกฎเกณฑ์ทางด้านวิทยาศาสตร์ที่ใช้เพื่อวัดค่าวิเคราะห์ผลและสรุปผลจากปฏิกิริยาต่างๆต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากความรู้สึกของมนุษย์ในแง่การมองเห็น การได้รับกลิ่น รสชาติ การสัมผัส และการได้ยิน เป็นต้น ผลของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การรับรู้ผลิตภัณฑ์ว่ามีความเป็นเอกภาพและมีความสำคัญต่อการยอมรับของมนุษย์ได้ ปฏิกิริยาของมนุษย์ต่อผลิตภัณฑ์สามารถที่จะอธิบายได้ในลักษณะที่คล้ายกับการวิเคราะห์ทางด้านเคมี กายภาพ และ/หรือทางด้านชีวภาพของผลิตภัณฑ์ (Stone, 1995) และคำนิยามดังกล่าวยังรวมถึงความจำเป็นที่ต้องใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อการฝึกปฏิบัติเทคนิคการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสด้วย

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมนี้เป็นการใช้การวิเคราะห์ประสาทสัมผัสของคนปาดแยมเพื่อดูความยากง่ายในการปาดโดยจะใช้เครื่องมือในการวัดทดสอบความยากง่ายไม่ได้ เพราะแยมเป็นอาหารที่ให้ผู้บริโภคได้ใช้ความรู้สึกในการปาดไม่ได้ใช้เครื่องมือช่วย โดยจึงได้มีแนวคิดของการทดสอบที่มีลักษณะเป็นปรนัย (Subjective Tests) มาใช้ในการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Klemmer, 1968) ด้วยเหตุผลที่ว่ามนุษย์โดยธรรมชาติที่แท้จริงแล้วไม่มีความสามารถเท่าเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าต่างๆในการวัดค่าทางด้านเคมี และกายภาพ เครื่องมือสามารถนำ มาใช้ในการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นค่าที่น่าเชื่อถือในความถูกต้อง อย่างไรก็ตามในการศึกษาอย่างกว้างขวางทางด้านประสาทสัมผัสและเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลมีความเป็นไปได้ที่จะได้รับผลที่ถูกต้องและเป็นที่น่าเชื่อถือเช่นกัน แม้ว่าจะเป็นค่าที่มาจากการประเมินของมนุษย์ก็ตาม นอกจากนี้ยังมีข้อโต้แย้งที่ว่าเครื่องมืออาจจะไม่ใช่การวัดที่แท้จริงเนื่องจากโดยทั่วไปการวัดจะต้องมีการควบคุมสภาวะของสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในเครื่องมือ ซึ่งอาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากเหตุผลดังกล่าว การใช้เครื่องมืออาจจะทำให้เกิดการตัดสินใจที่ผิดพลาดของประสิทธิภาพทางเทคนิคการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส (Burgard and Kuznicki, 1990) นอกจากนี้ Daget (1977) ได้นำ เอาแนวความคิดของคำว่า Measurement มาใช้แทนคำว่า Evaluation แต่อย่างไรก็ตาม อาจจะใช้คำว่า Sensory Evaluation ตามคำ นิยามของ IFT ที่ได้กำหนดไว้

2.1.3.1 การให้คะแนนการการใช้สเกล

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมนี้ต้องอาศัยความรู้สึกของคนในการปาดแยมโดยจะให้คะแนนเป็นสเกลเพื่อใช้สำหรับการฝึกฝนผู้ทำการทดสอบเพื่อให้ผู้ทำการทดสอบเปรียบเสมือนเครื่องมือวัดเพื่อบอกความแตกต่างของความแข็งของแยมเป็นเชิงสเกลตัวเลข โดยวิธีนี้จะมีประโยชน์อย่างมากในสาขาของการประเมินทางด้านประสาทสัมผัส เพราะว่ามีความง่ายในการประยุกต์ใช้การทดสอบดังกล่าวสามารถนำมาใช้ทั้งการทดสอบจากผู้ประเมินและการทดสอบจากผู้บริโภค และการประยุกต์นี้จะให้เทอมที่ใช้ที่มีความหมายเหมือนกันกับ ผู้ประเมินทั้งหมด ดังนั้นจึงนับว่ามีประโยชน์ทั้งในการทดสอบความแตกต่างและความชอบ และสามารถวิเคราะห์ระดับการยอมรับในการใช้สเกลแบบ Hedonic Scaling นอกจากนี้ยังพบว่ามีประโยชน์สำหรับการควบคุมคุณภาพ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ การทดสอบการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ การกลั่นกรองผู้ประเมินสำ หรับการทดสอบความแตกต่างโดยการผันแปรระดับความเข้มของสิ่งกระตุ้น และในการวัดประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของผู้ประเมิน

2.1.3.2 เค้าโครงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture profile)

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเนื้อแยมซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อสัมผัส โดยเนื้อสัมผัสของอาหารถูกจำแนกว่าเป็นลักษณะโดยทั่วไปที่สำคัญมากกว่ากลิ่นหอม (Aroma) สีที่ปรากฏและรสชาติ (Flavor) ซึ่งมักจะประกอบกันเป็นลักษณะที่ปรากฏ (Appearance) ความรู้สึกทางปากและคุณสมบัติทางการจัดการของอาหาร (Gatchalian, 1981) บนพื้นฐานของคำนิยามนี้สามารถพิจารณาอย่างมีเหตุมีผลได้ว่าคุณสมบัติของลักษณะเนื้อสัมผัสสมควรที่จะพิจารณาอย่างสำคัญในแง่ส่วนประกอบหนึ่งของอาหาร และต่อมากำหนดเป็นเครื่องมือสำหรับการวัดทางด้านประสาทสัมผัส (Szczesniak, 1972) หลังจากนั้นได้มีการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือที่ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสกับการวัดทางประสาทสัมผัสทำให้สามารถสร้างมาตรฐานของสเกลหนึ่งในการกำหนดเป็นพารามิเตอร์ทางกลของลักษณะเนื้อสัมผัส(Szczesniak et al.,1963) การพัฒนาวิธีนี้ก็ใช้พื้นฐานมาจากข้อมูลและตามด้วยเทคนิคเค้าโครงด้านกลิ่นของ ADL Laboratory เช่นกัน แนวความคิดของเค้าโครงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสจึงกำเนิดขึ้น

Brandt et al. (1963) ได้จำแนกเค้าโครงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสว่าเป็นการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของลักษณะเนื้อสัมผัสที่ซับซ้อนของอาหารในเทอมทางกายภาพ เช่น รูปร่างลักษณะรวมทั้งไขมัน ความชื้นที่เป็นองค์ประกอบของอาหารนั้นๆ ระดับของแต่ละส่วนประกอบที่ปรากฏ และลำดับที่ปรากฏจากการกัดครั้งแรกจนถึงการขบเคี้ยวอย่างสมบูรณ์คำนิยามทำให้เห็นถึงขอบเขตที่กว้างมากที่เกี่ยวข้องในการทดสอบนี้ต่อการทำเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสการทดสอบนี้ไม่เพียงแต่ต้องทำ ความเข้าใจของเทอมที่ใช้ในการจำแนกลักษณะเนื้อสัมผัส

อย่างชัดเจนแล้ว แต่ต้องทราบความสัมพันธ์ของมันต่อเทอมพรรณนาเฉพาะที่ประยุกต์ใช้กับลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร แม้ว่าการวัดทางกายภาพ และทางเคมีสามารถใช้ประโยชน์ในการอธิบายลักษณะเนื้อสัมผัส แต่อย่างไรก็ตามในที่สุดค่าต่างๆเหล่านั้นก็ถูกนำ มาสัมพันธ์กับลักษณะของอาหารในการขบเคี้ยว ดังนั้นการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสจึงไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้ การทดสอบที่ดีเพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสโดยใช้การประเมินจากมนุษย์จึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด การทดสอบนี้อธิบายเกี่ยวเนื่องถึงความจำเป็นสำหรับการต้องฝึกฝนผู้ประเมินได้อย่างพอเพียงที่สามารถจะใช้ในการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสในอาหารที่มีความผันแปรต่างๆมากมาย

2.1.3.3 ขั้นตอนการดำเนินการจัดทำ เค้าโครงด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

ในการสร้างเค้าโครงหนึ่งๆ ผู้ประเมินสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่น่าเชื่อถือเพื่อวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อาหาร ด้วยเหตุผลนี้ผู้ประเมินจะต้องถูกคัดเลือกอย่างระมัดระวังรวมทั้งการฝึกฝนและการคงไว้ซึ่งความชำนาญการในการประเมิน (Civille and Szczesniak, 1973) เงื่อนไขสำหรับเค้าโครงทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสได้แก่ (1) การคัดเลือกผู้ประเมิน (2) การฝึกฝนผู้ประเมิน (3) พัฒนาเทอมของลักษณะเนื้อสัมผัส (4) พัฒนาเทคนิคในการประเมิน (5) ให้ค่าทางปริมาณของการบันทึกลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์และ (6) รักษาไว้ซึ่งผู้ประเมินเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัส

- **การคัดเลือกผู้ประเมิน**

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยม ก่อนที่จะทำการทดสอบนั้นต้องทำแบบสอบถามเพื่อคัดเลือกคนที่จะมาทดสอบการปาดแยมเพื่อคัดเลือกเฉพาะคนที่นิยมบริโภคแยมจริงๆ ดังนั้นสมาชิกของผู้ประเมินที่ต้องการสำหรับเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสถูกคาดหวังเพื่อให้มีคุณภาพที่คล้ายกันเช่นเดียวกับผู้ประเมิน ผู้ประเมินสามารถถูกคัดเลือกบนพื้นฐานของความสนใจความเต็มใจการให้เวลาในการทดสอบและความฉลาดในการทดสอบ เพราะการทดสอบนี้จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการรับรู้สิ่งกระตุ้นระหว่างการขบเคี้ยว ผู้ประเมินควรจะถูกทดสอบสำหรับความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างการผันแปรในลักษณะเนื้อสัมผัสการทดสอบอย่างง่ายเป็นการถามผู้ประเมินในการลำดับ 3 ผลิตภัณฑ์เช่น แครอท ถั่วลิสง และลูกกวาดชนิดแข็งที่จัดการแบบการสุ่มโดยการเพิ่มหรือลดลงในลักษณะความแข็ง แนวโน้มผู้ประเมินควรสามารถที่จะลำดับในรายการดังกล่าวตามลำดับสำหรับเค้าโครงลักษณะเนื้อสัมผัสอาจจะใช้ผู้ประเมินเพียง 6 คนก็น่าจะเพียงพอในการประเมิน (Civille and Szczesnaik, 1973) แม้ว่ามันเป็นการที่ดีที่สุดคือการสลับกันประเมินในเวลาทั้งหมดที่ทดสอบโดยมีข้อแนะนำ ว่าในเบื้องต้นผู้ประเมิน 20-25 คนจะถูกกลั่นกรองและแล้วจำนวนที่ต้องการของผู้ประเมินปกติและสลับกันในการประเมินจากกลุ่มที่คัดเลือกนั้น

- **การฝึกฝนผู้ประเมิน**

การที่จะนำคนมาเป็นเครื่องมือแทนนั้นในการทดสอบประสาทสัมผัสจำเป็นต้องมีการฝึกฝนพนักงานในการทดสอบปาดแยมว่ามีความรู้สึกต่อเนื้อสัมผัสแยมแบบต่างๆได้ใกล้เคียงกันโดยมีขั้นตอนคือ ในลำดับแรกผู้ประเมินที่คัดเลือกมาแล้วควรจะดำเนินการดังนี้ (1) เข้าใจแนวความคิดพื้นฐานของลักษณะเนื้อสัมผัสซึ่งรวมถึงการจำแนกลักษณะเนื้อสัมผัสและการวัดค่าทางประสาทสัมผัส (2) ทราบเกี่ยวกับการทดสอบเพื่อคัดเลือกวัสดุมาตรฐานและ (3) การที่จะใช้สเกลลักษณะเนื้อสัมผัสที่ถูกจำแนกลักษณะดังกล่าวเนื่องจากลักษณะของอาหารโดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัสไม่สามารถคาดเดาได้อย่างง่ายโดยการเห็นลักษณะที่ปรากฏแต่จะต้องได้รับการสัมผัสอาจจะด้วยนิ้วมือ หรือทางปากบนพื้นฐานของการรับรู้ดังกล่าว โดยทั่วไปลักษณะเนื้อสัมผัสจะถูกจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มคือ (1) ลักษณะทางกลหรือปฏิกิริยาของอาหารที่มีต่อความรู้สึกของกล้ามเนื้อ เส้นเอ็น และข้อต่อต่างๆ (2) ลักษณะทางรูปร่างหรือลักษณะของอาหารที่สัมพันธ์กับขนาด รูปร่าง ความเป็นเส้นใย ขนาดอนุภาค เป็นต้น ที่ได้รับจากการสัมผัสด้วยนิ้วมือและทางปากได้อย่างถูกต้อง หลังจากกัดหรือระหว่างการขบเคี้ยว และ (3) ลักษณะอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับความชื้นหรือปริมาณไขมันในอาหารและความรู้ในปากที่สัมผัสครั้งแรกหรือหลังจากขบเคี้ยว

บนพื้นฐานการทดสอบเค้าโครงด้านกลิ่น เค้าโครงด้านลักษณะเนื้อสัมผัสใช้การวัดที่เหมือนกันเช่น (1) การบันทึกลักษณะที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสที่ชัดเจน เช่น ลักษณะทางกล ทางรูปร่าง และปริมาณความชื้นและไขมัน (2) ความเข้มหรือระดับของบันทึกลักษณะที่ได้รับ (3) ลำดับลักษณะที่ปรากฏตามแบบแผนของลักษณะเนื้อสัมผัสที่แน่นอนก่อนการขบเคี้ยวระหว่างการกัด ขณะที่เคี้ยว หลังเคี้ยว ก่อนการกลืนและ (4) ขนาดหรือความรู้สึกลักษณะเนื้อสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่พิจารณาจากทั้งหมดในข้อ (1)-(3)

การคัดเลือกสเกลมาตรฐานของลักษณะเนื้อสัมผัสเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจนแก่สมาชิกผู้ประเมินเป็นสิ่งที่สำคัญระหว่างการฝึกฝนผู้ประเมิน โดยปกติความเข้าใจเทอมการพรรณนาที่เกี่ยวข้องกับลักษณะเนื้อสัมผัสแต่ละลักษณะควรจะถูกศึกษาโดยผู้ประเมินเทียบกับสเกลมาตรฐานที่เป็นไปได้เมื่อสเกลมาตรฐานถูกทำให้เข้าใจอย่างชัดเจนทำให้สามารถนำมาใช้ประยุกต์กับผลิตภัณฑ์อาหารที่ปกติเป็นที่รู้จักของผู้ประเมินการใช้เทอมในสเกลเป็นหลักยึดเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่รู้จักหนึ่งๆจะถูกนำมาใช้ในการประเมินระหว่างผู้ทดสอบชิม

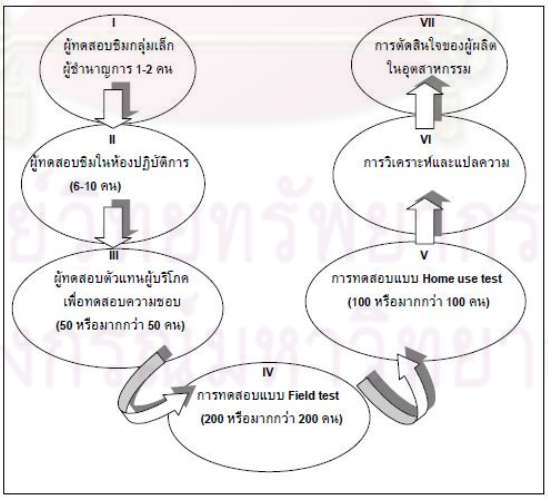
2.1.3.4 การทดสอบความชอบหรือการยอมรับรวมของผู้บริโภค

- **หลักการของการทดสอบผู้บริโภค**

สิ่งสุดท้ายที่ทางอุตสาหกรรมจะต้องคิดพิจารณาคือสินค้าทางอุตสาหกรรมนั้นๆ จะต้องถึงมือผู้บริโภคซึ่งผู้ผลิตที่ฉลาดควรต้องทราบข้อมูลที่มากพอเกี่ยวกับแนวโน้มการบริโภคของผู้บริโภค เช่น ธรรมชาติของผู้บริโภคเป็นเช่นไร ปฏิกิริยาต่อผลิตภัณฑ์เป็นเช่นไร การทดสอบผู้บริโภคในส่วนที่สำคัญต่อผู้ผลิตคืออะไร เป็นต้น

- **ประเภทของการทดสอบผู้บริโภค**

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมจากข้อสังเกตในแผนภาพของกิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในภาพ 2.11 จะอ้างถึงการประเมินจากผู้ชำนาญการกลุ่มเล็กๆ (I) และตามด้วยการใช้ผู้ประเมินระดับห้องปฏิบัติการ (II) และตามด้วยผู้ประเมินที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (III) โดยปกติมีความเป็นไปได้ที่ จะเป็นคนในบริษัทหรือในอุตสาหกรรมนั้นๆ หรือกลุ่มคนที่รู้จักและเป็นตัวแทนของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายได้ ขั้นที่ IV และ V จะแสดงถึงประเภทของการทดสอบผู้บริโภค 2 ประเภทที่ใช้ในการทดสอบการยอมรับได้แก่ การทดสอบแบบ Field Test และแบบ Home Use Test และหลังจากนั้นจะนำ ผลมาทำ การวิเคราะห์ (VI) และสุดท้ายใช้ผลการวิเคราะห์เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจของผู้ประกอบการ (VII) ทั้งอาจจะใช้เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการผลิตสินค้าในระดับอุตสาหกรรมหรือไม่ก็อาจจะใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสินค้าต่อไปเพื่อเพิ่มการยอมรับผลิตภัณฑ์ให้มากขึ้น



รูปที่ 2.11 แผนผังการทดสอบการยอมรับและการพัฒนาผลิตภัณฑ์

- **การทดสอบแบบ** Field Tests

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมนี้จะเป็นการทดสอบแบบประเภท Field Tests โดยจะทำการคัดเลือกผู้บริโภคตามเกณฑ์ที่กำหนดก่อนทำการทดสอบโดยจุดมุ่งหมายเพื่อจะตรวจสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์หรือความชอบในสภาวะจริงของการซื้อ (Caul and Raymond, 1965) โดยพื้นฐานการทดสอบแบบ Field Test อาจจะถูกควบคุมในลักษณะ Central Location test (CLT) หรือไม่ก็อาจจะถูกควบคุมโดยใช้วงล้ออิสระเช่นการสุ่มตัวอย่างของผู้บริโภคในการทดสอบตลาด (Gatchalian, 1981)

วิธีการของการทดสอบแบบ Central Location Field Test สำหรับการยอมรับผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนดังนี้ (Cross et al., 1978; Czerkaskyj, 1971; Garardot, 1952 และGatchalian, 1981)

ก. ผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับจากตัวแทนผู้บริโภคแล้วจะถูกผลิตในปริมาณที่เหมาะสมหรืออาจจะไม่ถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์หรือปิดฉลากแล้วแต่แผนการนำเสนอผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในตลาด

ข. พื้นที่เป้าหมายเฉพาะจะถูกกำหนดเป็นพื้นที่ศูนย์กลาง (Central location) ซึ่งอาจจะเป็นห้องอาหารในโรงเรียน หรือส่วนแสดงด้านนอกของห้องประชุม หรือพื้นที่ที่มีลักษณะทำนองเดียวกันที่ผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายจะถูกเชิญเพื่อใช้สำหรับสุ่มตัวอย่าง ผู้บริโภคถูกกำหนดให้นั่งในพื้นที่เฉพาะที่เตรียมไว้เพื่อการทดสอบผู้บริโภคดังกล่าวจะถูกแยกจากส่วนของผู้บริโภคที่เหลือระหว่างการประเมินจริง (Girardot,1952) พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบแบบ Central Location Test โดยปกติจะถูกเลือกบนพื้นฐานของสถานที่ที่จำนวนตัวแทนผู้บริโภคขนาดใหญ่สามารถหาได้ เช่น สินค้าสำหรับเด็กนักเรียนใช้การทดสอบในพื้นที่ของห้องอาหารของโรงเรียน เช่น เดียวกันผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจำหน่ายจะถูกทดสอบที่ห้องประชุม การสัมมนาการพื้นที่ที่มีการประชุมต่างๆ เป็นต้น

ค. ตัวอย่างที่เพียงพอจะถูกให้รหัสโดยการใช้วิธีการสุ่มตัวเลข 3 ตัว และนำ เสนอต่อผู้บริโภคหรือตัวแทนผู้บริโภคการนำเสนอมักจะทำ 2-3 ตัวอย่างในเวลาพร้อมกันขึ้นกับผู้บริโภคหนึ่งสามารถประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด

ง. ผู้ทดสอบชิมจะถูกแนะนำให้ตอบคำถามในแบบสอบถามอย่างง่ายๆ หรือผู้ทดสอบชิมอาจจะถูกสัมภาษณ์โดยผู้ทดสอบภาคสนาม ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างจะสนับสนุนหลักการที่ว่ายิ่งมีจำนวนของผู้ทดสอบชิมที่คัดเลือกแล้วอย่างสุ่มค่อนข้างมากยิ่งทำให้ผลการทดสอบการยอมรับเป็นที่น่าเชื่อถือมากขึ้นโดยทั่วไปควรจะใช้ผู้บริโภคไม่น้อยกว่า 50 คนในขั้นตอนนี้ (Cross et al., 1978; Gatchalian, 1981)

2.2 งานวิจัยที่ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมหรือลดเวลาสูญเปล่านั้นจะใช้หลักการของซิกซ์ ซิกมาโดยเริ่มแรกของการนำเทคนิคนี้มาใช้นั้นต้องอาศัยการทำงานจากทุกฝ่ายไม่ใช่ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง และต้องให้ความร่วมมือซึ่งกันและกัน โดยได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้คือ **ปรีดา พรมจักร์** (2552) ได้กล่าวว่าแนวคิดเทคนิคซิกซ์ ซิกมาจะทำให้ประสบความสำเร็จนั้นต้องตระหนักถึงลักษณะขององค์กร ไม่ว่าจะเป็นความพร้อมของผู้บริหาร ศักยภาพของพนักงานและกระบวนการการทำซิกซ์ ซิกมาจะสำเร็จหรือไม่ขึ้นอยู่กับการบริหารและดำเนินงานที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพองค์กรโดยควรให้ความสำคัญกับประเด็นต่างๆ เช่น ระดับองค์กร อันได้แก่ ความมุ่งมั่นของผู้บริหาร การวางแผนกระบวนการและมาตรวัดและข้อมูลป้อนกลับ ระดับปฏิบัติงาน

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมได้มีตัวชี้วัดเป็นความสามารถของกระบวนการเป็น C_p และ C_{pk} ก่อนและหลังปรับปรุงอย่างไร เพื่อเป็นตัวบอกความสามารถของความแข็งของแยมว่ามีกระบวนการเป็นอย่างไรเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับเรื่องนี้คือ**บุญเลิศ ประสิทธิ์ศุภโรจน์** (2540) ได้ทำการศึกษากระบวนตัวอย่างที่เกี่ยวข้องและใกล้เคียงกับงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพของแยมโดยเรื่องที่ศึกษาคือเรื่องการชุบตะกั่วด้วยไฟฟ้าต้องควบคุมความหนาให้อยู่ในช่วง 300-700 ไมโครอินช์ ความสม่ำเสมอของความหนาวัดจากค่าความสามารถของกระบวนการผลิต (C_{pk}) ต้องมีค่ามากกว่า 1.5 จากการศึกษาพบว่า C_{pk} มีค่าประมาณ 0.8-1.2 เนื่องจากค่าเฉลี่ยของความหนามีค่าต่ำ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง จึงทำการวิจัยเพื่อหาสาเหตุที่แท้จริงโดยแบ่งการวิจัยเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาความแตกต่างของความหนาเนื่องจากตำแหน่งจุดวัดที่ขาทั้ง 7 ขา เวลาที่ต่างกัน ความแตกต่างระหว่างชิ้นงาน และความแตกต่างภายในชิ้นงาน โดยผลการวัดแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างของความหนาเนื่องจากตำแหน่งจุดวัดที่ขาทั้ง 7 ขา ระหว่างชิ้นงาน แต่มีความแตกต่างระหว่างของความหนาระหว่างวัน และภายในชิ้นงานโดยเฉพาะความหนาในแนวนอนที่ 1 จะมีค่าความหนาต่ำสุดที่สุด และความหนาจะมากขึ้นตามลำดับจากแนวนอนที่ 2 ถึง 8 ส่วนที่ 2 ศึกษาถึงตัวแปรในการผลิตที่มีผลต่อความหนาและความสม่ำเสมอของความหนาด้วย Process FMEA

งานวิจัยเรื่องปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมนั้นหลังจากที่ทราบความสามารถของกระบวนการก็ต้องนำมาปรับปรุงโดยวิธีคัดเลือกปัจจัยที่ผลมาทำการวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไขต่อไป ซึ่งหลักการที่จะใช้ในงานวิจัยนี้คือหลักของ FMEA โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องคือ งานวิจัย**กิติศักดิ์ อนุรักษ์สกุล** (2545) ที่ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างยานยนต์โดยใช้เทคนิค FMEA ซึ่งสามารถนำมาเป็นแนวทางใน

การใช้ในการหาปัจจัยที่ผลต่อคุณภาพความแข็งของแยม โดยงานศึกษาตัวอย่างนี้มีเพื่อมุ่งที่จะทำการวิเคราะห์และลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนโครงร่างรถยนต์ ซึ่งเริ่มจากการศึกษาระบบการผลิตตลอดจนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และรวบรวมเพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์หากระบวนการที่ของเสียเกิด ลักษณะของการเสีย และใช้เทคนิค FMEA ซึ่งสามารถมองของเสียได้หลายมิติช่วยในการวิเคราะห์แก้ไขและยังมีงานวิจัยของ**วิทย์ วรรณจิตร** (2547) ที่มีการวิเคราะห์ FMEA ที่เกี่ยวข้องกันด้วยคือทำการศึกษาปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแม่พิมพ์โลหะของอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยทำการศึกษาเฉพาะกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการผลิตแม่พิมพ์เพื่อหาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อหาข้อบกพร่องโดยใช้ผังก้างปลา ซึ่งได้ทำการประเมินและทำการจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง และนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) มาประยุกต์ใช้

งานวิจัยเรื่องนี้ได้ทำการลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยมที่ไม่จำเป็นบางกระบวนการเพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิต และยังสามารถเพิ่มจำนวนการผลิตมากขึ้นด้วย โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ของ**จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล** (2550) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการลดเวลาสูญเปล่าจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ IWKA รุ่น TFS10 และมุ่งเน้นเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นหลังจากการปรับตั้งเครื่องจักร และการปรับแต่งเครื่องจักร โดยการวิเคราะห์ทำไม-ทำไม โดยผลจากการวิจัยครั้งนี้คือภายหลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาปรับตั้งเครื่องจักรลดลงร้อยละ 63.05 ของเวลาก่อนปรับปรุง และลดเวลาปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อแก้ไขปัญหาหลอดแตกอ้าจากร้อยละ 20.49 เหลือร้อยละ 5.01 ของปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการนอกจากจะช่วยลดเวลาที่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังสามารถลดโอกาสที่สูญเสียค่าจ้างแรงงานเกินจำเป็นด้วย เพราะในกระบวนการผลิตแยมนั้นมีเวลาที่สูญเปล่าที่ทางโรงงานต้องจ่ายค่าจ้างให้กับพนักงานโดยที่พนักงานนั้นไม่ได้ทำงานเลย โดยงานวิจัยของ **จุฑาทิพย์ ซื่อตระกูลพานิชย์** (2552) ได้ทำการวิจัยเพื่อลดต้นทุนกระบวนการประกอบรถยนต์ภายใต้ข้อกำหนด ขนาดพื้นที่และจำนวนพนักงานที่จำกัดและที่สำคัญที่สุด คือ จะต้องไม่มีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง โดยพบว่าเวลาสูญเปล่าเกิดมากในกระบวนการผลิต เช่น การรอคอยอุปกรณ์และชิ้นงาน การทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ หลักการ ECRS โดยใช้หลักการการขจัดออก (Eliminate) การรวมเข้าด้วยกัน (Combine) การปรับเปลี่ยน (Rearrange) การทำให้ง่าย (Simplify) จึงถูกนำมาเป็นเครื่องมือในการปรับปรุงสายการผลิต โดยสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 7 เหลือ 6 คน ลดต้นทุนการประกอบเท่ากับร้อยละ 31.74 และ

สามารถเพิ่มอัตราการผลิตจาก 226 เป็น 283 ชิ้นซึ่งคิดเป็นอัตราการประกอบเพิ่มขึ้นร้อยละ 26 หรือลดต้นทุนต่อปีเท่ากับ 55,456.21 บาท

งานวิจัยเรื่องนี้ยังได้มีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบแยมเพื่อทำการสำรวจความพึงพอใจของลูกค้าว่าแยมแบบไหนที่ปาดแล้วรู้สึกพอดีไม่ยากหรือง่ายเกินไปเพื่อเอามาเป็นมาตรฐานของความแข็งของแยมโดยมีงานวิจัยของ**จินตนา อุปดิสสกุล และธงชัย สุวรรณสิชณน์, (2551)** ที่สามารถนำมาอ้างอิงในงานวิจัยเรื่องนี้ได้ โดยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประชากรกว่าครึ่งโลกบริโภคข้าวเป็นอาหาร โดยลักษณะของข้าวหุงสุกที่นิยมบริโภคจะแตกต่างกันไปคุณลักษณะเนื้อสัมผัสมีอิทธิพลต่อการยอมรับในการบริโภคข้าว และมีความสำคัญต่อคุณภาพของข้าวหุงสุกด้วย งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก 6 พันธุ์ ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) กข15 (RD15)ปทุมธานี1 (PTT1) ชัยนาท1 (CNT1) สุพรรณบุรี1 (SPB1) และพิษณุโลก2 (PNL2) โดยการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา 11 คุณลักษณะ และจากการวัดด้วยเครื่องมือโดยใช้วิธีวิเคราะห์เค้าโครงเนื้อสัมผัส (TPA) 5 คุณลักษณะ พบว่าตัวอย่างข้าวมีเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันทางสถิติ (p<0.05) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) สามารถจัดกลุ่มตัวแปรองค์ประกอบหลัก (PCs) ได้ 2 องค์ประกอบ และอธิบายความแปรปรวนรวมได้ 83% (PC1 58% และ PC2 25%) จากการประเมินลักษณะเนื้อสัมผัสต่างๆของข้าวด้วยวิธี PCA ร่วมกับการจำแนกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้เทคนิค Cluster analysis สามารถแบ่งกลุ่มข้าวได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ KDML105, PTT1 และ RD 15 เป็นข้าวที่นุ่มและเหนียว กลุ่มที่ 2 คือ CNT1 และ SPB1 เป็นข้าวที่แข็ง หยาบและต้องใช้แรงในการเคี้ยว สำหรับกลุ่มที่ 3 คือ PNL2 เป็นข้าวต้องใช้แรงในการเคี้ยว

การจัดสมดุลของกระบวนการในกระบวนการผลิตแยมถ้าเกิดความไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการผลิตได้เพราะแต่ละกระบวนการมีอัตราการผลิตที่ไม่เท่ากัน โดยงานวิจัยของ **ณัฐกานต์ วีรานันต์ (2550)** สามารถนำมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อลดความล่าช้าในสายการผลิตแยมได้เพราะได้ทำการศึกษาและทำการวิเคราะห์ข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง พบว่าปัจจุบันทางโรงงานตัวอย่างประสบกับปัญหาทางด้านการผลิตที่ไม่สามารถผลิตได้ตามแผนที่วางไว้ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากปัญหาเรื่องการจัดขั้นตอนการทำงานเพราะในขั้นตอนการทำงานไม่มีการศึกษาเวลามาตรฐานที่เหมาะสม ทำการรอคอยงานบริเวณรอยต่อของแผนกไม่เท่ากันจึงเกิดความล่าช้าจนเป็นคอขวด ในการแบ่งแผนกมีการจัดรอบเวลาการผลิตในแต่ละแผนกไม่เท่ากันจึงเกิดงานที่อยู่ในระหว่างการผลิตเกิดขึ้นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาประสิทธิภาพในสายการผลิต โดยศึกษาในขั้นตอนในสายการผลิตตู้แช่ทั้งหมด แล้วนำมาจัดทำเป็นเอกสารประกอบการดำเนินงานและจัดอบรมให้กับพนักงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน จากนั้นทำการศึกษาเวลาการทำงานของพนักงานหลังจากที่มี

การปฏิบัติตามขั้นตอนในเอกสารการปฏิบัติงานแล้วนำเวลาที่ทำการศึกษามาจัดสมดุลสายการผลิต โดยการหารอบเวลาการผลิต จำนวนสถานีงานที่เหมาะสม

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงแผนผังการทำงานใหม่ของกระบวนการผลิตแยมนั้นหลังจากที่ทำการปรับปรุงแล้วก็ต้องมีการจัดทำสมดุลของกระบวนการใหม่ให้เหมาะสมเพราะแผนผังกระบวนการใหม่อาจจะมีความไม่สมดุลในบางกระบวนการได้ โดยได้ใช้งานวิจัยของ**อุกฤษฎ์ อัชชโคสิต** (2539) ในการประยุกต์และอ้างอิงในการทำงานวิจัยชิ้นนี้เพราะได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการผลิต สำหรับสายงานการผลิตยกทรง โดยการนำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาประยุกต์ใช้ในการจัดสมดุลในสายงานการผลิตจริง และเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้สายงานการผลิตเกิดเวลาว่างงานน้อยที่สุดและทำให้ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ไม่มีงานค้างในสายงานการผลิตอยู่เป็นจำนวนมากเทคนิคที่ใช้ทดลองในการจัดสมดุลสายงานการผลิตนี้ ได้แก่ เทคนิคของ Hoffman, COMSAL, Ranked Positional Weight, และการจัดสมดุลการผลิตที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งจัดโดยหัวหน้าทีมที่มีประสบการณ์ในการจัดพนักงานเย็บเข้าทำงานในสถานีงานต่างๆ ผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นพบว่าเทคนิคของ Hoffman ให้ผลลัพธ์ที่สายการผลิตมีเวลาว่างงานน้อยที่สุดในบรรดา 4 วิธีดังกล่าวข้างต้น จากการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ปฏิบัติมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นประมาณ 13% และการเกิดงานค้างในกระบวนการผลิตลดลง 52% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งทำให้โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ 756,000 บาทต่อปี

งานวิจัยเรื่องการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยม หลังจากที่ทราบผลความสามารถของกระบวนการว่าค่า C_p และ C_{pk} มีค่าน้อยเกินไป จำเป็นต้องทำการปรับปรุงกระบวนการให้ซึ่งอาจจะต้องมีการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าการปรับตั้งปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความแข็งของแยม และทำการแก้ไขปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งของแยม ซึ่งงานวิจัยของ**ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา** (2541) นั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้เพราะได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ และเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลดังกล่าวภายใต้เงื่อนไขที่เป็นไปได้จริง ปัจจัยจากการวิเคราะห์แผนภาพแสดงเหตุและผลมี 4 ปัจจัย ได้แก่อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ และชนิดของน้ำหนักกด จากนั้นทำการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อวิเคราะห์ถึงปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแรงดึงและปัจจัยใดบ้างที่มีอันตรกิริยาระหว่างกัน ผลการทดลองแสดงสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนมีค่าแรงดึงสูงสุด คือ อัตราส่วนผสม 4:1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาที่ใช้ในการอบ 16 นาที เมื่อเปรียบเทียบเชิงสถิติ พบว่าค่าแรงดึงเฉลี่ยที่สภาวะใหม่นี้มีค่าสูงกว่าค่าแรงดึงที่เป็นอยู่ในสภาวะปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

การปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมให้ได้ออกมาดีที่สุดนั้น จำเป็นจะต้องศึกษาและหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพความแข็งของแยม และต้องทำการทดลองเพื่อศึกษาว่าแต่ละปัจจัยจะมีอิทธิพลหรือเกี่ยวข้องกันอย่างไรต่อคุณภาพนี้ โดยได้มีงานวิจัย**ของสรียา กสิกพันธุ์** (2543) ที่สามารถนำมาเป็นแนวทางในการทดลองปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมได้ โดยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิล และหาเงื่อนไขส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล โดยอาศัยหลักการออกแบบการทดลอง เพื่อเพิ่มมูลค่าของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตได้ต้องมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานและเหมาะสมต่อการใช้งาน และงานวิจัยของ**มะลิ แซ่อึ้ง** (2544) ก็ได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกันคือทำการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนาผิวเคลือบในกระบวนการเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้า ได้ระบุปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อความหนาผิวเคลือบโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล ทำให้ทราบว่า 6 ปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อค่าความหนา ปัจจัยเหล่านี้ประกอบด้วย ความเข้มข้นน้ำยาดีบุก Additive อิเล็คโตรไลต์ ความสูงของแผ่นกั้น เวลาที่ใช้ในการเคลือบผิวและความหนาแน่นกระแส การออกแบบการทดลองวิธีการ Taguchi ได้ถูกนำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าความหนาผิวเคลือบเฉลี่ย และให้ความแข็งแรงต่อค่าตอบสนองจากการทดลองพบว่าเพียง 3 ปัจจัยเท่านั้นที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความหนาผิวเคลือบ คือ ความเข้มข้น อิเล็คโตรไลต์เวลาในการเคลือบและความหนาแน่นกระแส ความสูงของแผ่นกั้นที่ 35 มิลลิเมตรให้ความแข็งแรงต่อค่าตอบสนอง การออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียลได้ถูกนำใช้เพื่อในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมได้ความหนาผิวเคลือบใกล้ค่ากึ่งกลางและมีความผันแปรน้อยที่สุดโดยไม่มีข้อบกพร่องของคุณสมบัติทางกายภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การปรับปรุงความแข็งของแยม
(Jam Hardness Improvement)

3.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

ระยะนิยามปัญหานี้มีความสำคัญอย่างมากในวิธีซิกซ์ซิกมาเนื่องจากเป็นขั้นตอนเริ่มแรกที่กำหนดทิศทางของการปรับปรุงว่าจะเป็นไปในทิศทางใด โดยเริ่มจากทำการศึกษาสภาพปัญหาความแข็งของแยมที่ลูกค้าได้ร้องเรียนว่าแยมปาดยาก ซึ่งคิดเป็น 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยมตั้งแต่ช่วงเดือน ก.ย. ปี 2553 ถึงเดือน ก.พ. ปี 2554 โดยจะทำการศึกษาที่แยมสตรอเบอรี่ ขนาด 280 กรัม ที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุดเมื่อเทียบกับรสชาติอื่นๆที่ขนาด 280 กรัม คิดเป็นการผลิตเฉลี่ย 62.26% ต่อเดือน เป็นตัวแทนการปรับปรุงความแข็งของแยม ซึ่งได้ทำการนิยามสภาพปัญหา ดังนี้

3.1.1 สรุปสภาพปัญหาในปัจจุบัน

ในปัจจุบันมีการร้องเรียนจากลูกค้าในเรื่องการปาดยากของแยมซึ่งปัญหานี้คิดเป็น 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม ซึ่งก็ส่งผลต่อชื่อเสียงด้านคุณภาพของทางโรงงาน ทำให้ต้องมีการกำหนดตัวชี้วัดความแข็งของแยมมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) เพื่อดูค่าความแข็งของแยมภายในขวดที่วัดออกมาเป็นค่าตัวเลข ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการหาขีดจำกัดข้อกำหนด (Specification Limits) ความแข็งของแยมเพื่อกำหนดช่วงค่าความแข็งของแยมที่ยอมรับได้ด้วยวิธีการการประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation) เพื่อดูว่าคนที่บริโภคแยมมีความรู้สึกอย่างไรต่อการปาดแยมที่มีค่าความแข็งย่านค่าต่างๆ และดูว่าในช่วงย่านใดที่ลูกค้าปาดแยมแล้วรู้สึกพอดีเพื่อมากำหนดเป็นขีดจำกัดข้อกำหนด

เนื่องจากทางโรงงานไม่เคยมีการทำข้อมูลเกี่ยวกับตัวชี้วัดเพื่อวัดในเรื่องความยากง่ายในการปาดแยมและไม่มีการวิเคราะห์หรือการควบคุมคุณภาพในเรื่องนี้ ดังนั้นจึงได้ทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยมก่อนโดยวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อทดสอบการปาดแยมว่าลักษณะเนื้อสัมผัสแยมแบบใดที่ปาดแล้วรู้สึกพอดีเทียบกับความแข็งของแยมค่านั้นๆ เพื่อทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนด จากนั้นจึงพิจารณาความแข็งของแยมจากกระบวนการปัจจุบันว่ามีค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p , C_{pk}) มากน้อยเพียงใดเมื่อ

เทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดและทำการปรับปรุงกระบวนการต่อไปเมื่อค่าความสามารถของกระบวนการต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับได้ หรือถ้ามีค่าที่ดีเหมาะสมแล้วก็จะทำการควบคุมคุณภาพต่อไป โดยจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ว่าการปรับปรุงคุณภาพความแข็งของแยมให้อยู่ในขีดข้อจำกัดกำหนดนั้นส่งผลให้ผู้บริโภคที่นิยมบริโภคแยมเกิดความรู้สึกว่าแยมมีความปาดยากง่ายในระดับพอดี โดยวัดจากปัญหาใบร้องเรียนจาก 100% ให้เหลือ 0%

3.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัด

การปรับปรุงค่าเฉลี่ยให้ได้ค่าเฉลี่ย (Average) ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวน (Variation) ค่าความแข็งของแยมโดยกำหนดตัวชี้วัดเป็นค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p , C_{pk}) โดยกำหนดเป้าหมายให้ได้ค่าความแข็งของแยมตามมาตรฐาน AIAG (1995) คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

3.1.3 จัดตั้งคณะทำงาน

ทำการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมในโครงการ โดยกำหนดคณะทำงานและทำการคัดเลือกผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญในส่วนของกระบวนการที่เลือกทำการปรับปรุงคือกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบจนไปถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งประกอบไปด้วย

- ผู้จัดการฝ่ายผลิต
- หัวหน้าวิศวกรฝ่ายผลิต
- หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตของสายการผลิตแยม
- หัวหน้าฝ่ายการผลิตวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (R&D)
- ผู้ดำเนินงานวิจัย

คณะทำงานมีหน้าที่ช่วยในการระดมสมองด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ เพื่อหาปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อความแข็งของแยม

ส่วนหน้าที่หลักของผู้ดำเนินการวิจัย มีดังนี้

- ติดต่อประสานงานกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับแยมสตรอเบอร์รี่ขนาด 280 กรัม
- เก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาเพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยม

- ทำการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดด้วยมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบด้านแรงเพื่อบอกความน่าเชื่อถือของเครื่องวัดความแข็ง (Texture Analyzer)
- จัดประชุมร่วมกับคณะทำงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อทำการระดมสมองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อความแข็งของแยม
- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
- จัดทำแผนควบคุม เพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.4 Project Charter (Pyzdek and Keller, 2009)

DMAIC Project Charter Worksheet		
Project Title : การปรับปรุงความแข็งของแยม		
Project Leader : วัชราวุธ ศรีสุธรรม , Team Leader	Team Members : วัชราวุธ ศรีสุธรรม, Black Belt Day Shift Lead Swing Shift Lead	
Business Case : ทางโรงงานประสบปัญหากับผลิตภัณฑ์แยมที่มีเนื้อแยมที่แข็งเกินไปทำให้ปาดยาก โดยลูกค้าส่งใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมคิดเป็น 100% ของจำนวนใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม ซึ่งส่งผลต่อชื่อเสียงต่อด้านคุณภาพของโรงงานเป็นอย่างมาก และอาจทำให้ลูกค้าหันไปบริโภคแยมยี่ห้ออื่นแทน		
Problem Statement : โรงงานมีปัญหาที่ทางลูกค้าส่งใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมคิดเป็น 100% ของจำนวนใบร้องเรียนทั้งหมดของผลิตภัณฑ์แยม และทางโรงงานก็ไม่มีมาตรฐานการควบคุมค่าความแข็งของแยม โดยการร้องเรียนเกิดขึ้นกับแยมชนิดขวด ขนาด 280 กรัม โดยปัญหาเกิดขึ้นตั้งแต่เดือน ก.ย. ปี 2553 เป็นต้นมา	Goal Statement : ปรับปรุงความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมให้ได้ค่า C_p และ C_{pk} อย่างน้อย 1.33 และลดจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากจาก 100% ลดลงเหลือ 0% โดยดำเนินการปรับปรุงตั้งแต่เดือน ก.ย. ถึงเดือน มี.ค. ปี 2554	
Project Scope, Constraints, assumptions : 1. ทีมงานต้องมีการรายงานความคืบหน้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง	Stakeholders : 1. รองกรรมการผู้จัดการ 2. ผู้จัดการโรงงาน 3. ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ 4. หัวหน้าฝ่ายการผลิตวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์	
PRELIMINARY PLAN	Target Date	Actual Date
Start Date	1-ก.ย.-53	
DEFINE	5-ก.ย.-53	
MEASURE	20-ก.ย.-53	
ANALYZE	15-ต.ค.-53	
IMPROVE	1-ก.พ.-54	
CONTROL	1-มี.ค.-54	
Completion Date	31-มี.ค.-54	

3.1.5 สรุประยะนิยามปัญหา

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานแล้วจึงได้กำหนดปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การปรับปรุงค่าเฉลี่ยให้ได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวนค่าความแข็งของแยมโดยกำหนดตัวชี้วัดเป็นค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p , C_{pk}) ซึ่งกำหนดเป้าหมายให้ได้ค่าความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมตามมาตรฐาน AIAG (1995) คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และลดจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ระยะวัดสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)

หลังจากได้ทำการนิยามปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว ในระยะนี้จะเป็นการวัดและเก็บข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของปัญหา โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดค่าความแข็ง (Gauge R&R) แต่เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ทำการทดสอบนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร ซึ่งมีความแปรปรวนมาก จึงไม่สามารถใช้การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัดได้ ดังนั้นจึงใช้ใบรับรองจากการสอบเทียบ (Calibrated) ด้วยการสอบเทียบกับมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 (International Standard ISO 7500-1 Third Edition, 2004) ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบด้านแรงเพื่อบอกความน่าเชื่อถือของเครื่องวัดความแข็ง

เครื่องมือที่ใช้วัดความแข็งชนิดนี้ได้มีการทำการสอบเทียบโดยใช้ตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 เป็นขั้นตอนในการสอบเทียบของเครื่องมือวัดทดสอบด้านแรง โดยทำการสอบเทียบภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่ 27.9 ± 2 องศา และความชื้น 52 ± 15% ความชื้นสัมพัทธ์(Relative Humidity, RH)

3.2.1 การสอบเทียบของระบบการวัดค่าแรงสำหรับเครื่องทดสอบแรงดึง/แรงกด

โดยการสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 จะกำหนดสัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการทดสอบเครื่องวัดความแข็ง ดังตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 สัญลักษณ์และความหมายของการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็ง

สัญลักษณ์	หน่วย	ความหมาย
a	%	ค่าแรง Relative Solution สำหรับการสอบเทียบ
b	%	ค่าความผิดพลาดจากของการอ่านซ้ำที่เกิดจากการสอบเทียบ
F_i	%	ค่าแรงสำหรับสอบเทียบที่ทำการเพิ่มขึ้นเพื่อทดสอบ
f_0	%	ค่าความผิดพลาดของแรงที่เกิดจากการวัดของระบบ
F	N	ค่าแรงจริงสำหรับการสอบเทียบด้วยการเพิ่มค่าแรงในการทดสอบ
$\bar{F}$	N	ค่าแรงเฉลี่ยของแรงทั้งหมดที่ใช้ในการสอบเทียบ
F_{max}, F_{min}	N	ค่าแรงสูงสุดและต่ำสุดของการสอบเทียบ
F_N	N	ค่าแรงสูงสุดของย่านการวัดสอบเทียบ
F_{i0}	N	ค่าแรงที่เหลืออยู่ของการทดสอบเครื่องจักรเพื่อยืนยันความถูกต้องหลังจากถอดแรงออก
q	%	ค่าความผิดพลาดความของความถูกต้องที่เกิดจากการสอบเทียบ
r	N	ค่าความละเอียดของแรงที่ทำการสอบเทียบ
V	%	ค่าความผิดพลาดจากของการอ่านย้อนกลับที่เกิดจากการสอบเทียบ

จากตารางที่ 3.1 เมื่อทราบความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการสอบเทียบ ก็จะทำการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็งตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ซึ่งจะมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสอบเทียบในแต่ละย่านการอ่านของเครื่องทดสอบแรงดึง/แรงกด

ต้องทำการสอบเทียบในแต่ละย่านการอ่านของเครื่องทดสอบแรงดึง/แรงกด และต้องครอบคลุมขอบข่ายแรงของเครื่องทดสอบทั้งหมด โดยสามารถใช้ตัวอ่านของชุดสอบเทียบมาตรฐาน (True Force, F) เป็นตัวกำหนดแรง โดยมีข้อกำหนดดังนี้

- การสอบเทียบจะต้องทำโดยการเพิ่มแรงช้าๆ ไปยังจุดกำหนดแรง (F_i หรือ F)
- คำว่าแรงคงที่ (Constant) ในการสอบเทียบหมายถึงจะต้องให้แรงกระทำอยู่ที่จุดเดียวกันในการสอบเทียบทั้ง 3 รอบ
- ชุดเครื่องมือสอบเทียบจะต้องสอบย้อนกลับไปถึงระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of Units) หรือ ระบบเอสไอ (SI) ได้
- ชุดเครื่องมือสอบเทียบจะต้องมีค่าระดับความถูกต้อง (Accuracy class) ตาม ISO 376 ในระดับความถูกต้องเดียวกันหรือดีกว่าของ เครื่องทดสอบตาม ISO 7500-1 โดยในแต่ละย่านการ

ทดสอบจะยอมรับ % ความผิดพลาดของความถูกต้องที่ ± 1% (แต่ละห้องสอบเทียบอาจจะกำหนดไม่เหมือนกัน)

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณหาค่า Resolution

การสอบเทียบครั้งนี้เป็นการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็ง ซึ่งผลของการอ่านค่าจะเป็นตัวเลขดิจิตอล (Digital) โดยจะใช้ค่าที่ตัวเลขมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 1 หลัก ในขณะที่เครื่องเปิดใช้ปกติแต่ยังไม่มีการทดสอบ ซึ่งกำหนดค่าแรงอ่านคงที่ 0 โดยค่า Resolution, r จะกำหนดจากค่าครึ่งหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงบวก 1 โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$\text{Resolution, r} = \left[\frac{F_{\max} - F_{\min}}{2}\right] + 1 \qquad (3.1)$$

จากสมการที่ 3.1 ค่า Resolution, r จะกำหนดจากค่าสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งจะไม่รวมถึงค่าผิดพลาดจากระบบควบคุมของเครื่อง โดยค่า Resolution,r ของเครื่องทดสอบแบบ Auto-Range จะต้องมีการกำหนดค่านี้ในแต่ละย่านการสอบเทียบ โดยจะมีหน่วยเดียวกับหน่วยแรงคือ นิวตัน (N)

ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณหาค่า Relative Resolution

โดยค่า Relative Resolution, a จะคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$a = \frac{r}{F} \text{ x100} \qquad (3.2)$$

โดยจากสมการที่ 3.2 ค่า Relative Resolution จะต้องคำนวณในทุกย่าน (Range) ที่สอบเทียบ

ขั้นตอนที่ 4 การสอบเทียบแรงดึง/แรงกด

1. สอบเทียบแรงดึงประกอบชุดสอบเทียบกับเครื่องทดสอบโดยหลีกเลี่ยงการเกิดการดัดโค้งในขณะสอบเทียบ โดยประกอบตามมาตรฐาน ISO 376: 2004

2. สอบเทียบแรงกดจะใช้แท่นวางที่แน่นหนาและที่ด้านกดให้สอบเทียบแรงกดผ่านตัวรองรับที่เป็นมาตรฐาน ISO 376: 2004

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการสอบเทียบจะต้องอยู่ระหว่าง 10 ถึง 35 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิระหว่างการสอบเทียบในแต่ละการทดสอบต้องไม่เปลี่ยนแปลงเกิน ±2 องศาเซลเซียส และต้องมีการบันทึกค่าลงในแบบฟอร์มบันทึกการสอบเทียบ จากนั้นทำการเตรียมความพร้อมของเครื่องทดสอบเทียบมาตรฐาน (UUC) หรือเครื่องวัดความแข็งโดยให้ทำการเพิ่มแรงในทิศทางที่จะสอบเทียบจาก “0” ถึงค่าแรงสูงสุดของการสอบเทียบ อย่างน้อย 3 รอบ

<u>กระบวนการเตรียมเครื่องทดสอบเทียบมาตรฐาน</u>

- ใช้เครื่องทดสอบเป็นตัวกำหนดค่าแรงของการสอบเทียบ และบันทึกค่าแรงจากเครื่องสอบเทียบมาตรฐานลงตาราง
- ใช้เครื่องสอบเทียบมาตรฐานเป็นตัวกำหนดค่าแรงของการสอบเทียบและบันทึกค่าแรงจากเครื่องทดสอบลงตาราง

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> การกำหนดค่าแรงของการสอบเทียบ

การสอบเทียบจะต้องทำการสอบเทียบ 3 รอบ โดยการเพิ่มแรงในทิศทางที่ทำการสอบเทียบโดยการเพิ่มแรงจะกระทำทั้งหมด 5 ระดับ ซึ่งค่าการวัดและคำนวณจะต้องไม่เกินค่าของ Relative Error ต่างๆ

โดย

ค่า LLV (Lower Limit Value) หรือค่าต่ำสุดที่จะสอบเทียบได้ จะกำหนดโดยการคูณค่าความละเอียดของการอ่าน (Resolution, r) ด้วยค่าคงที่

- 400 for class 0.5
- 200 for class 1
- 100 for class 2
- 67 for class 3

หลังจบกระบวนการสอบเทียบให้เจ้าหน้าที่ดำเนินการคำนวณค่าในแต่ละระดับแรงของการสอบเทียบในตารางบันทึกผล

โดยก่อนทำการสอบเทียบจะต้องทำการปรับค่าการอ่านที่ 0 (Set Zero) ทุกครั้งก่อนการวัดหรืออ่านค่า โดยการอ่านจะทำหลังจากที่เจ้าหน้าที่สอบเทียบลดแรงในการสอบเทียบเป็น 0 และรอเป็นเวลา 30 วินาที ก่อนทำการบันทึก ซึ่งในกรณีนี้เครื่องสอบเทียบเป็นเครื่องที่อ่านค่าแบบเป็นตัวเลข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณหาค่า relative zero error f_0 ในแต่ละรอบการวัด

โดยค่า relative zero error f_0 จะคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_N} \tag{3.3}$$

ขั้นตอนที่ 7 การคำนวณหาค่า Relative Reversibility error, V

โดยค่า Relative Reversibility error, V จะคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$V = \frac{F_i - F}{\overline{F}} \text{ x100} \tag{3.4}$$

ขั้นตอนที่ 8 การประเมินค่าของตัวบอกแรงสอบเทียบ (Assessment of force indicator)

การคำนวณหาค่า Relative accuracy error, q จะคำนวณได้จากสมการที่ 3.5

$$q = \frac{F_i - \overline{F}}{\overline{F}} \tag{3.5}$$

การคำนวณหาค่า Relative repeatability error, b จะคำนวณได้จากสมการที่ 3.6

$$b = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{\overline{F}} \tag{3.6}$$

หลังจากคำนวณค่าตัวแปรทั้งหมดครบทุกขั้นตอนก็ทำการบันทึกผลลงในตารางการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด และนำมาพิจารณาผลถึงเกณฑ์การยอมรับที่กำหนดขึ้นมาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การประเมินค่าของการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด

ในการสอบเทียบของเครื่องวัดความแข็งนั้นจะทำการสอบเทียบในห้องทดสอบโดยควบคุมอุณหภูมิที่ค่า 27.9 ± 2 องศาเซลเซียส ด้วยสภาพความชื้น 52 ± 15% RH โดยทำการทดสอบด้วยแรงกดที่ค่าแรงกดสูงสุดคือ 500 N โดยทำการสอบเทียบแรงกดด้วยค่าแรงดึง/แรงกด 5 ระดับ คือ 100 N, 200 N, 300 N, 400 N, และ 500 N

- **การสอบเทียบแรงดึง**

  โดยได้ทำการทดสอบแรงดึงก่อนซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการสอบเทียบด้วยแรงดึง 100 N ถึง 500 N

ค่าแรงอ้างอิง	ค่าแรงทดสอบที่อ่านได้			ค่าเฉลี่ยของการวัด	ค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty)	ค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty)
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3			
	N	N	N	N	% (+/-)	N(+/-)
100	100.3	100.5	100.4	100.4	0.21	0.21
200	200.1	200.3	200.2	200.2	0.17	0.34
300	299.8	299.9	299.7	299.8	0.16	0.48
400	399.6	399.5	399.4	399.5	0.16	0.64
500	499.2	499.3	499.1	499.2	0.16	0.80

จากตารางที่ 3.2 จากการสอบเทียบค่าแรงทั้ง 5 ระดับ ด้วยการวัดซ้ำ 3 รอบ และทำการประมาณค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty) โดยในการวัดที่ย่านต่างๆ โดยผลการวัดที่ได้จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นอยู่ในผลการวัดนั้นเสมอ เนื่องจากองค์ประกอบในการวัดแต่ละครั้ง รวมทั้งเครื่องมือวัดเองไม่สามารถอ่านค่าได้เท่าเดิมทุกครั้ง แม้ว่าจะวัดสิ่งที่แน่ใจว่ามีค่าเท่าเดิม ดังนั้นผลการวัดจะถูกต้องมากเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถบอกได้ถึงความไม่แน่นอนของผลการวัดในครั้งนั้นๆค่าความไม่แน่นอนของผลการวัด คือ ค่าที่บอกขนาดของการเบี่ยงเบนของผลการวัดที่ได้จากสิ่งที่เราต้องการวัด ค่าความไม่แน่นอนนี้จะบอกให้ทราบว่าค่าของสิ่งที่ถูกวัดนี้อยู่ภายในพิสัยเท่าใด ที่ระดับความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง โดยค่าความไม่แน่นอนของการวัดนี้ ทดสอบด้วยความเชื่อมั่น 95% โดยการประมาณค่าความไม่แน่นอนได้ผลตามการสอบเทียบค่าแรงย่านต่างๆ

โดยค่าความไม่แน่นอนที่เป็น %(+/-) นั้นจะคิดคำนวณมาจากทางห้องทดลองซึ่งได้ค่าตามตารางที่ 3.2 และนำค่ามาแปลงให้เป็นค่า N(+/-) เพื่อให้ทราบถึงช่วงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการสอบเทียบ ดังสมการที่ 3.7

$$\text{ค่าความไม่แน่นอน } N(\pm) = \frac{\text{ค่าความไม่แน่นอน } \%(\pm)}{100} \times \text{ค่าแรงอ้างอิง} \qquad (3.7)$$

จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้ง 3 รอบในแต่ละการสอบเทียบของย่านแรงอ้างอิงทั้ง 5 ระดับ มาทำการหาค่าความลำเอียง (Bias) จากสมการที่ 3.8

$$\text{ค่าความลำเอียง} = \text{ค่าเฉลี่ยของการวัด} - \text{ค่าอ้างอิง} \qquad (3.8)$$

เมื่อทำการคำนวณค่าความลำเอียงแล้ว ก็จะได้ผลตามย่านแรงทดสอบ 5 ระดับ จากนั้นก็นำมา ± กับค่าความไม่แน่นอนเพื่อหาช่วงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นจากการสอบเทียบ 5 ระดับ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ค่าความลำเอียงของย่านแรงดึงที่ทดสอบทั้ง 5 ระดับ

ค่าแรงอ้างอิง	ค่าเฉลี่ยของการวัด	ค่าความลำเอียง	ค่าความไม่แน่นอน, N(+/-)	ช่วงความไม่แน่นอน
100	100.4	0.4	0.21	(0.19, 0.61)
200	200.2	0.2	0.17	(0.03, 0.37)
300	299.8	-0.2	0.16	(-0.36,-0.04)
400	399.5	-0.5	0.16	(-0.66,-0.34)
500	499.2	-0.8	0.16	(-0.96,-0.64)

จากตารางที่ 3.3 ทางโรงงานได้กำหนดเกณฑ์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้จากความไม่แน่นอนไว้ที่ช่วง ± 1N ของการสอบเทียบแรงดึง ซึ่งจากผลของตารางนั้นทุกย่านการสอบเทียบไม่เกินช่วง ± 1N ทำให้สามารถยอมรับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นได้จากการสอบเทียบแรงดึง

จากนั้นนำค่าจากตารางที่ 3.2 มาทำการประเมินตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 เพื่อจัดระดับ (Class) ของเครื่องวัดความแข็งในแต่ละย่านการทดสอบแรงดึง/แรงกดต่อไป โดยได้คำนวณค่าตัวแปรต่างๆจากขั้นตอนการสอบเทียบของมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ได้ผลดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การจัดระดับในแต่ละย่านการสอบเทียบแรงดึง

ค่าแรงอ้างอิง	ค่าความผิดพลาด (%)				ค่าแรง Relative Resolution, a	ระดับ
	ความถูกต้อง	การอ่านซ้ำ	การอ่านย้อนกลับ	ค่าความผิดพลาดของแรงที่เกิดจากการวัดของระบบ (Zero, f0)		
N	q	b	v		(%)	
100	-0.4	0.2	-0.3	0	1	2
200	-0.1	0.1	-0.3	0	0.5	1
300	0.07	0.07	0.07	0	0.33	1
400	0.13	0.05	0.18	0	0.25	0.5
500	0.16	0.04	N/A	0	0.2	0.5

จากตารางที่ 3.4 การจัดระดับของย่านแรงอ้างอิงแต่ละค่านั้นจะอ้างอิงจากตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การจัดระดับของเครื่องจักร

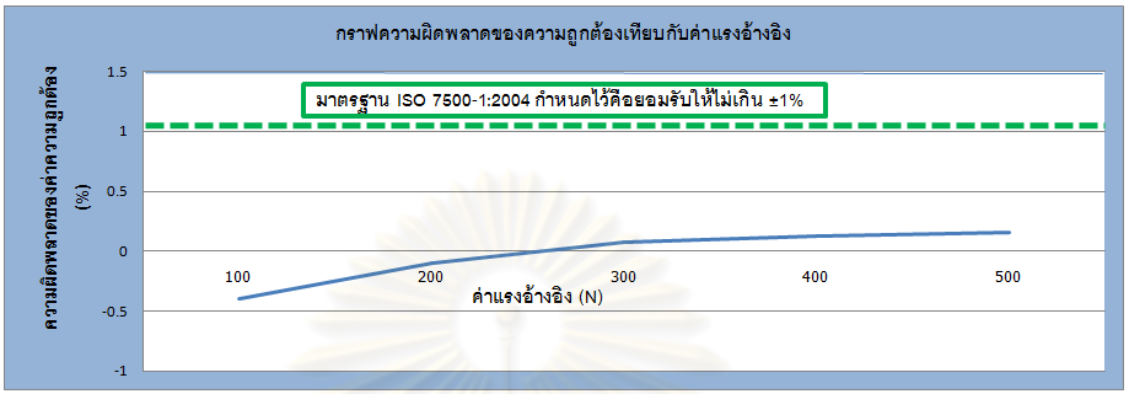
Class of machine range	Maximum permissible value (%)				
	Relative error of				Relative resolution
	accuracy	repeatability	revesibility	zero	
	q	b	v	f_0	a
0.5	± 0.5	0.5	± 0.75	± 0.05	0.25
1	± 1.0	1	± 1.5	± 0.1	0.5
2	± 2.0	2	± 3.0	± 0.2	1
3	± 3.0	3	± 4.5	± 0.3	1.5

จากตารางที่ 3.5 นั้น จะพิจารณาจากค่าแรงอ้างอิงในแต่ละครั้งของการสอบเทียบโดยจะพิจารณาที่ค่า q, b, v, f_0 และ a เทียบกับตารางการจัดระดับของเครื่องจักรว่าค่าในการสอบเทียบแต่ละย่านนั้นอยู่ช่วงที่ไม่เกินค่าในตารางการจัดระดับของเครื่องจักร โดยระดับของเครื่องจักรยิ่งน้อยยิ่งบอกถึงความผิดพลาดจากการสอบเทียบน้อย หรือกล่าวได้ว่าค่าระดับของเครื่องจักรที่ 0.5 ถือว่าดีที่สุด

แต่ในปัจจุบันค่าระดับของเครื่องจักรจะไม่ค่อยมีการนำมาพิจารณา เพราะส่วนมากจะทำการพิจารณาที่ค่า Relative error of accuracy, q และช่วงความไม่แน่นอนแทน โดยทางห้องสอบเทียบที่ทำการสอบเทียบต้องกำหนดมาว่าต้องให้ค่า q ไม่เกินค่าที่เท่าใด โดยในการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็งของแยมนั้นได้กำหนดให้มีค่า q ไม่เกิน ±1% จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์ ดังนั้นค่า

ระดับของเครื่องจักรเป็นแค่การแสดงให้เห็นว่าการสอบเทียบของแต่ละย่านแรงมีค่าระดับของเครื่องจักรอยู่ที่ระดับใดเท่านั้น

ดังนั้นจึงทำการแสดงผล % ความผิดพลาดของความถูกต้องเทียบกับย่านค่าแรงอ้างอิงที่ใช้สอบเทียบ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กราฟความผิดพลาดของค่าความถูกต้องแรงดึงเทียบกับค่าแรงอ้างอิง

จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าค่าความผิดพลาดของค่าความถูกต้องนั้นที่ย่านค่าแรงอ้างอิงทั้ง 5 ระดับ ไม่มีค่าใดที่เกินตามที่มาตรฐาน ISO 7500-1:2004 กำหนดไว้นั่นคือยอมรับให้ไม่เกิน ±1% ซึ่งถือว่าการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็งด้วยแรงดึงผ่านมาตรฐาน

- **การสอบเทียบแรงกด**

  ต่อมาทำการทดสอบแรงกดซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ผลการสอบเทียบด้วยแรงกด 100 N ถึง 500 N

ค่าแรงอ้างอิง (Indicated Force)	ค่าแรงทดสอบที่อ่านได้			ค่าเฉลี่ยของการวัด	ค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty)	ค่าความไม่แน่นอน (Expanded Uncertainty)
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3			
	N	N	N	N	% (+/-)	N(+/-)
100	100.2	100.3	100.5	100.33	0.32	0.32
200	200.4	200.6	200.7	200.57	0.17	0.34
300	300.8	301.1	301.2	301.03	0.16	0.48
400	401	401.3	401.2	401.17	0.14	0.56
500	501.5	501.6	501.7	501.6	0.13	0.67

จากนั้นก็ทำการหาช่วงความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการสอบเทียบด้วยแรงกด ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ค่าความลำเอียงของย่านแรงกดที่ทดสอบทั้ง 5 ระดับ

ค่าแรงอ้างอิง	ค่าเฉลี่ยของการวัด	ค่าความลำเอียง	ค่าความไม่แน่นอน, N(+/-)	ช่วงความไม่แน่นอน
100	100.33	0.33	0.32	(0.01, 0.65)
200	200.57	0.57	0.34	(0.23, 0.91)
300	301.03	1.03	0.48	(0.55, 1.51)
400	401.17	1.17	0.56	(0.61, 1.73)
500	501.6	1.6	0.67	(0.93, 2.27)

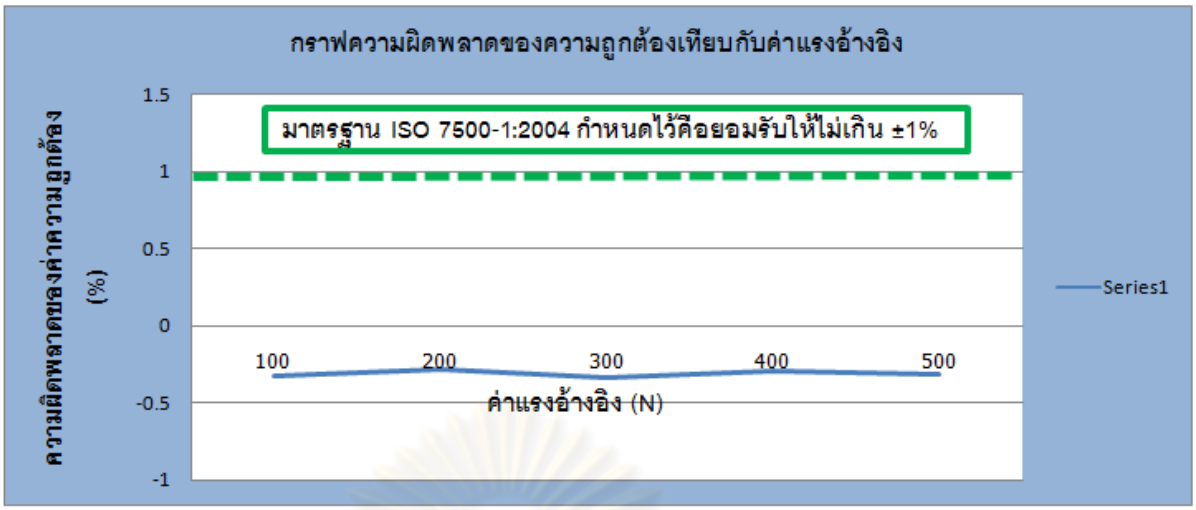
จากตารางที่ 3.7 ทางโรงงานได้กำหนดเกณฑ์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้จากความไม่แน่นอนไว้ที่ช่วง ± 2.5N ของการสอบเทียบแรงกด ซึ่งจากผลของตารางนั้นทุกย่านการสอบเทียบไม่เกินช่วง ± 2.5N ซึ่งสาเหตุที่ต้องกำหนดเกณฑ์ให้มากกว่าแรงดึงเพราะค่าความแปรปรวนจากแรงกดนั้นมีมากกว่าแรงดึงเนื่องจากเนื้อสัมผัสที่จะนำเครื่องวัดความแข็งไปใช้งานนั้นเป็นเนื้อสัมผัสที่แตกต่างกันและมีความแปรปรวนสูงจึงทำให้ต้องกำหนดเกณฑ์การยอมรับที่ ± 2.5N ดังนั้นจึงสามารถยอมรับความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นได้จากการสอบเทียบแรงกดครั้งนี้

จากนั้นนำค่าจากตารางที่ 3.5 มาทำการประเมินตามมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 เพื่อจัดระดับของเครื่องวัดความแข็งในแต่ละย่านการทดสอบแรงกดต่อไป โดยได้คำนวณค่าตัวแปรต่างๆจากขั้นตอนการสอบเทียบของมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ได้ผล ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 การจัดระดับในแต่ละย่านการสอบเทียบแรงกด

ค่าแรงอ้างอิง	ค่าความผิดพลาด (%)				ค่าแรง Relative	ระดับ
	ความถูกต้อง	การอ่านซ้ำ	การอ่านย้อนกลับ	ค่าความผิดพลาดของแรงที่เกิดจากการวัดของระบบ (Zero, fo)	Resolution, a (%)	
N	q	b	v			
100	-0.33	0.32	-0.3	0	1	2
200	-0.28	0.15	-0.2	0	0.5	1
300	-0.34	0.13	-0.17	0	0.33	1
400	-0.29	0.07	-0.22	0	0.25	0.5
500	-0.32	0.04	N/A	0	0.2	0.5

จากนั้นแสดงผล % ความผิดพลาดของความถูกต้องเทียบกับย่านค่าแรงอ้างอิงที่ใช้สอบเทียบ ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กราฟความผิดพลาดของค่าความถูกต้องแรงกดเทียบกับค่าแรงอ้างอิง

3.2.3 สรุปผลการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด

จากผลการสอบเทียบเครื่องวัดความแข็งทั้งแรงดึง/แรงกด โดยการสอบเทียบนั้นทำภายในห้องสอบเทียบที่อุณหภูมิที่ 27.9 ± 2 องศา และความชื้น 52 ± 15% ความชื้นสัมพัทธ์ โดยสรุปผลการสอบเทียบแรงดึง เป็นตารางแสดงผล ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ผลการสอบเทียบแรงดึง

ค่าแรงดึงอ้างอิง(N)	ช่วงความไม่แน่นอน *(เกณฑ์ยอมรับไม่เกิน ±1 N)*	ค่าความผิดพลาดของความถูกต้อง *(เกณฑ์ยอมรับไม่เกิน ±1%)*	ระดับ (Class)	สรุปการสอบเทียบ (Conclusion)
100	(0.19, 0.61)	-0.4	2	ผ่าน
200	(0.03, 0.37)	-0.1	1	ผ่าน
300	(-0.36,-0.04)	0.07	1	ผ่าน
400	(-0.66,-0.34)	0.13	0.5	ผ่าน
500	(-0.96,-0.64)	0.16	0.5	ผ่าน

การสอบเทียบแรงกดสรุปเป็นตารางแสดงผล ดังตารางที่ 3.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 ผลการสอบเทียบแรงกด

ค่าแรงกดอ้างอิง(N)	ช่วงความไม่แน่นอน *(เกณฑ์ยอมรับไม่เกิน ±2.5 N)*	ค่าความผิดพลาดของความถูกต้อง *(เกณฑ์ยอมรับไม่เกิน ±1%)*	ระดับ (Class)	สรุปการสอบเทียบ (Conclusion)
100	(0.01, 0.65)	-0.33	2	ผ่าน
200	(0.23, 0.91)	-0.28	1	ผ่าน
300	(0.55, 1.51)	-0.34	1	ผ่าน
400	(0.61, 1.73)	-0.29	0.5	ผ่าน
500	(0.93, 2.27)	-0.32	0.5	ผ่าน

จากตารางที่ 3.9 และ 3.10 สามารถสรุปได้ว่าการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด นั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับด้วยมาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ดังนั้นจึงถือว่าเครื่องวัดความแข็งนั้นเป็นเครื่องที่เชื่อถือได้

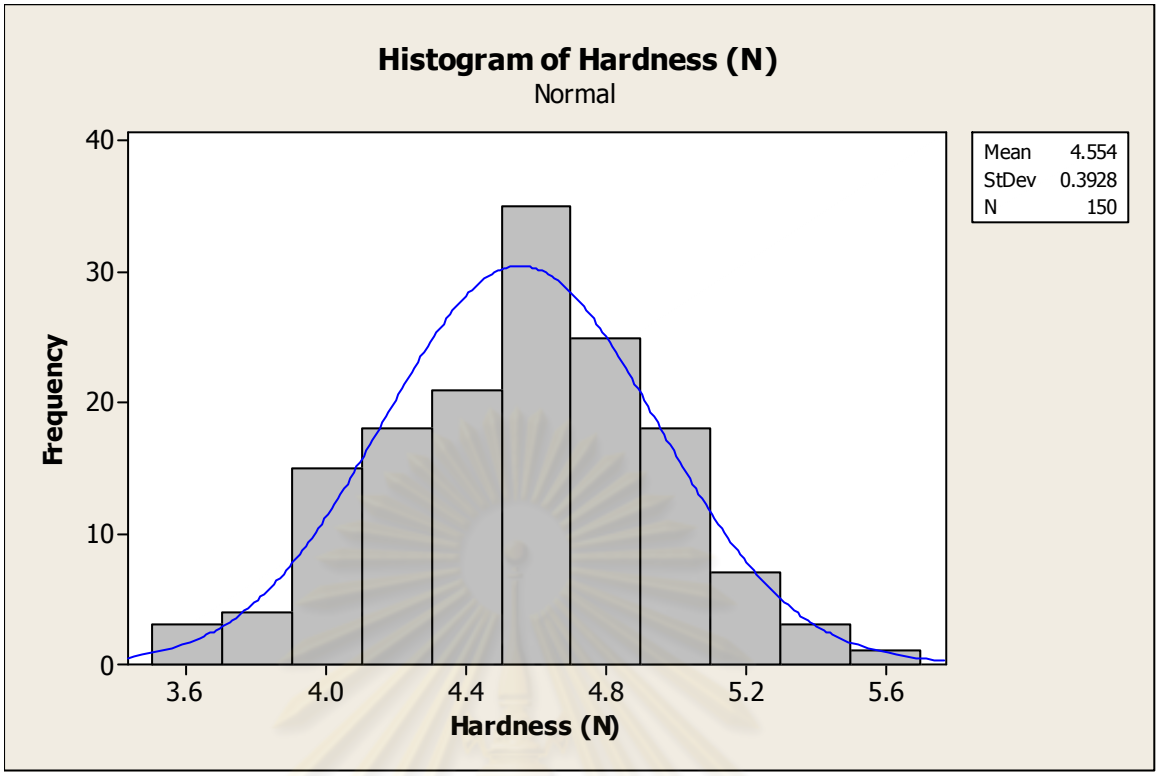
3.2.4 ขั้นตอนการหาขีดจำกัดข้อกำหนด

ทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมด้วยวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อนำมาเป็นมาตรฐานในการควบคุมความแข็งของแยม จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมปัจจุบันเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด และวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่อไป ดังนี้

3.2.5 การวัดค่าการกระจายตัวความแข็งของแยม

ทำการวัดค่าความแข็งของแยมที่ทำให้แยมเกิดปัญหาคือ เนื้อแยมมีความแข็งมากเกินไป ทำให้ปาดยาก โดยทำการสุ่มแยมเพื่อมาวัดค่าความแข็ง 150 ขวด เพื่อดูค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและนำมาวิเคราะห์ดูว่ากระบวนการผลิตแยมปัจจุบันนี้มีค่าความแข็งของแยมกระจายตัวเป็นอย่างไร ดังรูปที่ 3.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.3 การกระจายตัว (Distribution) ค่าความแข็งของแยมในปัจจุบัน

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าในปัจจุบันการผลิตแยมนั้นมีค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมเท่ากับ 4.554 นิวตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3928 นิวตัน ซึ่งยังไม่สามารถรู้ได้ว่าปัญหาความแข็งของแยมในปัจจุบันนั้นเกิดจากค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้นขั้นตอนต่อไปจึงทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยม เพื่อดูว่าการกระจายตัวของความแข็งของแยมในปัจจุบันเป็นปัญหามาจากสาเหตุอะไร

3.2.6 **การทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา** (Descriptive Sensory Test)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ใช้เป็นการทดสอบลักษณะของอาหารหรือองค์ประกอบในรูปการจำแนก การอธิบาย หรือการหาปริมาณ โดยใช้คนที่ได้รับการฝึกฝนมาโดยเฉพาะ (Einstein, 1991) ซึ่งการทดสอบดังกล่าวก็เพื่อจะนำไปประยุกต์หาขีดจำกัดข้อกำหนดของแยมต่อไป

การทดสอบเชิงพรรณนามีอยู่หลายประเภท โดยในการทดสอบครั้งนี้จะใช้วิธีการทดสอบประเภทเนื้อสัมผัส (Texture Profile) ด้วยวิธีการปาดเนื้อสัมผัสแยม (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536)

โดยมีขั้นตอนการทดสอบเนื้อสัมผัส ดังนี้

1. การคัดเลือกผู้ทดสอบ (Selection of the panelists)
2. การฝึกฝนผู้ทดสอบ (Training)
3. การทดสอบ (Testing)
4. การวิเคราะห์ผลและรายงานผล (Analysis and reporting)

ขั้นตอนที่ 1 การคัดเลือกผู้ทดสอบ

ผู้ทดสอบถือเป็นกลุ่มบุคคลที่มีความสำคัญต่อการทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบครั้งนี้จะเป็นการทดสอบเนื้อสัมผัส โดยทำการเลือกผู้ทดสอบจากวิธีการทดสอบเนื้อสัมผัสคือต้องมีผู้ทดสอบที่สามารถจำแนกเนื้อสัมผัสได้ 6-9 คน (Civille and Szczesnaik, 1973) ดังนั้นจึงจัดทำแบบสอบถามเพื่อคัดเลือกผู้ฝึกฝนผู้ทดสอบการปาดแยมจากบุคคลทั้งสิ้น 19 คน ด้วยแบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แยม (ภาคผนวก ก.)

โดยจากแบบฟอร์มดังกล่าว จะทำการคัดเลือกผู้มาฝึกฝนการปาดแยม โดยจะพิจารณาจากแบบสอบถาม (ภาคผนวก ก.) ส่วนที่ 2 โดยใช้เกณฑ์คัดเลือก ดังนี้

1. ต้องชอบรับประทานแยม
2. รสชาติแยมที่ชอบต้องเป็นรสสตรอเบอรี่
3. ความถี่ในการรับประทานต้องอาทิตย์ละครั้ง

โดยจากเกณฑ์ดังกล่าวได้ทำการคัดเลือกบุคคลมาทั้งหมด 19 คน และคัดเลือกได้ 8 คน หรือคิดเป็น 42.11% ของผู้ทำแบบสอบถามทั้งหมด เพื่อนำไปฝึกฝนเป็นผู้ทดสอบการปาดแยมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

เมื่อได้ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนแล้ว ก็จะทำการฝึกอบรม และฝึกฝน เพื่อให้ผู้ทดสอบมีความคุ้นเคยกับการทดสอบ โดยจะทำการฝึกฝนความรู้พื้นฐานเบื้องต้นรวมไปถึงการรับรู้เนื้อสัมผัส โดยในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ช้อนในการปาดเนื้อแยมลงบนเนื้อขนมปังแผ่น โดยการปาดเนื้อแยมลงบนเนื้อขนมปังแผ่นนั้นจะกำหนดวิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐานเดียวกันเพื่อให้ผู้ทดสอบทำการปาดแยมด้วยวิธีการปาดแบบเดียวกัน เพื่อสามารถประเมินคุณลักษณะต่างๆได้อย่างถูกต้อง จากนั้นจึงเริ่มที่จะทดสอบปาดเนื้อแยมจริงและใส่ค่าตัวเลขความรู้สึกลงในสเกลมาตรฐาน หรือสเกลเส้น (Line Scale) ที่มีความยาว 15 เซนติเมตร (ภาคผนวก ข.) ซึ่งจะมีระดับความแข็งของเนื้อแยมมาให้เป็นสเกลเซนติเมตร เพื่อที่จะให้ผู้ทดสอบสามารถให้ระดับความแข็งของแยมได้อย่างถูกต้อง โดยในการทดสอบกับสเกลมาตรฐานนั้นจะกำหนดตัวอย่างอ้างอิง (Reference) เพื่อลดความแปรปรวนของการทดสอบ โดยในการทดสอบครั้งนี้จะใช้ตัวอย่างอ้างอิงคือ เนยถั่วลิสงครีมซีส และมายองเนส (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2536)

จากแบบฟอร์มการทดสอบการปาดแยมด้วยสเกลมาตรฐานนั้น ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนจะทำการปาดตัวอย่างอ้างอิงก่อนเพื่อให้จำและรู้สึกแบบเดียวกันว่าแต่ละตัวอย่างอ้างอิงนั้นมีค่าสเกลความแข็งเป็นค่าคงที่ เพื่อให้ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนเข้าใจและรู้สึกถึงความแข็งของตัวอย่างอ้างอิงเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จากนั้นจะทำการทดสอบแยมที่ค่าความแข็ง 4 ค่า โดยทำการทดสอบเป็นระยะเวลา 3 เดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยจากการทดสอบจะทำรหัส (Code) ของตัวอย่างอ้างอิงและแยมที่ย่านค่าความแข็งต่างๆ 4 ค่า เพื่อให้ผู้ทดสอบไม่ทราบค่าความแข็งของแยม โดยกำหนดรหัส ดังนี้

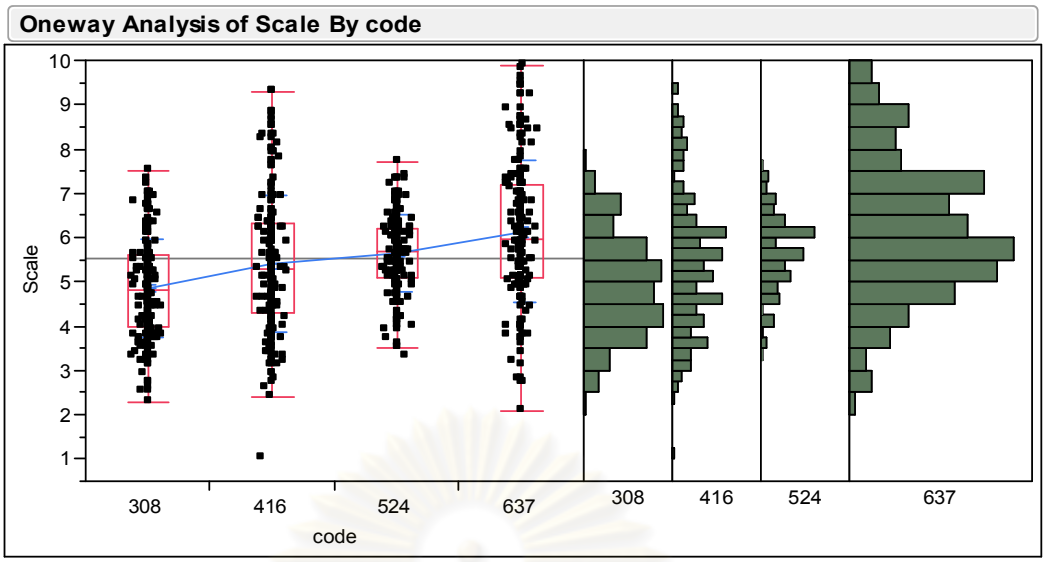
- เนยถั่วลิสง ใช้รหัส 469 กำหนดค่าสเกลตามสเกลมาตรฐานที่ 7.5 เซนติเมตร
- ครีมชีส ใช้รหัส 781 กำหนดค่าสเกลตามสเกลมาตรฐานที่ 10 เซนติเมตร
- มายองเนส ใช้รหัส 703 กำหนดค่าสเกลตามสเกลมาตรฐานที่ 13 เซนติเมตร
- แยมขวดที่หนึ่ง ใช้รหัส 308 ค่าความแข็งของแยมที่ 0.31 นิวตัน
- แยมขวดที่สอง ใช้รหัส 416 ค่าความแข็งของแยมที่ 0.41 นิวตัน
- แยมขวดที่สาม ใช้รหัส 524 ค่าความแข็งของแยมที่ 0.52 นิวตัน
- แยมขวดที่สี่ ใช้รหัส 637 ค่าความแข็งของแยมที่ 0.63 นิวตัน

หลังจากทำการทดสอบด้วยสเกลมาตรฐานเป็นระยะเวลา 3 เดือน โดยทำการทดสอบเดือนละ 8 ครั้ง ด้วยแยม 4 ค่าต่างๆที่ทำรหัสแทนค่าความแข็งของแยมเพื่อให้ผู้ทดสอบไม่ทราบค่าของแยมที่แท้จริง โดยใช้ผู้ทดสอบ 8 คน ดังนั้นค่าแยม 1 ค่าจะมีจำนวนครั้งของการทดสอบ ดังนี้

(แยม 1 ค่าจะใช้วัดเดือนละ 8 ครั้ง) x (ระยะเวลาทดสอบ3 เดือน)
x (ผู้ทดสอบ 8 คน) = 192 ครั้ง

จากการทดสอบแยมทั้ง 4 ค่า เป็นระยะเวลา 3 เดือน ของผู้ทดสอบ 8 คน สามารถสรุปผลออกมา ดังรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Means and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
308	192	4.85104	1.12282	0.08103	4.6912	5.0109
416	192	5.41146	1.56020	0.11260	5.1894	5.6336
524	192	5.63906	0.86387	0.06234	5.5161	5.7620
637	192	6.13385	1.59073	0.11480	5.9074	6.3603

รูปที่ 3.4 กราฟเปรียบเทียบแยมทั้ง 4 ค่า ที่ทำการทดสอบด้วยสเกลมาตรฐาน

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าแยมในแต่ละค่าทั้ง 4 ค่านั้น ที่คนทดสอบทั้ง 8 คนนั้นสามารถอ่านได้ สามารถสรุปดังตารางที่ 3.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.11 สรุปผลค่าสเกลที่อ่านได้จากแยมทั้ง 4 ค่า

รหัส	ค่าความแข็งของแยม (นิวตัน)	ค่าสเกลที่สรุป (เซนติเมตร)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เซนติเมตร)
308	0.31	4.9	1.2
416	0.41	5.5	1.5
524	0.52	5.8	0.8
637	0.63	6	1.8

จากตารางที่ 3.11 เมื่อแยมทั้ง 4 ค่าที่ทำการอ่านนั้น มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ต่างกันออกไป โดยจากตัวอย่างแยมที่รหัส 308 มีผู้ทดสอบที่อ่านไม่ตรงกันโดยมีค่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 1.2 เซนติเมตร ซึ่งหลังจากที่ได้ผลสรุปออกมาแล้วนั้น จะทำการประชุมเพื่อแสดงความคิดเห็นส่วนใหญ่ (Consensus) ของผู้ทดสอบทั้ง 8 คน เพื่อลงความเห็นค่าสเกลที่เป็นค่าเดียวที่เห็นด้วยและยอมรับของผู้ทดสอบทั้ง 8 คน ของแยมรหัสต่างๆ ว่าควรเป็นค่าเท่าไหร่ ซึ่งหลังจากที่ทำการลงความเห็นส่วนใหญ่แล้วจึงสามารถสรุปดังตารางที่ 3.12

ตารางที่ 3.12 สรุปผลค่าสเกลที่อ่านได้จากแยมทั้ง 4 ค่า หลังจากลงความเห็นส่วนใหญ่

รหัส	ค่าความแข็งของแยม (นิวตัน)	ค่าสเกลที่สรุป (เซนติเมตร)
308	0.31	5
416	0.41	5.5
524	0.52	6
637	0.63	6.5

จากตารางที่ 3.12 หลังจากที่ได้ลงความเห็นเป็นค่าสเกลของแยมทั้ง 4 ค่า ก็จะทำการทดสอบซ้ำอีกหนึ่งรอบ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของผู้ทดสอบ โดยทำการสลับรหัสเพื่อลดความลำเอียงจากการวัดสเกล เพื่อต้องการยืนยันผลอีกครั้ง ซึ่งผลจากการทดสอบดังกล่าวก็จะสามารถยืนยันได้ว่าผู้ทดสอบทั้ง 8 คนสามารถอ่านค่าแยมต่างๆได้ในทิศทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบ

หลังจากที่ทำการทดสอบผู้ฝึกฝนทั้ง 8 คน พบว่าสามารถอ่านแยมไปในทิศทางเดียวกันแล้วนั้น จึงทำการทดสอบการวัดอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่า แต่ละผู้ทดสอบมีความสามารถในการอ่านซ้ำ (Repeatability) ค่าแยมด้วยสเกลมาตรฐาน และความสามารถในการทำซ้ำของผู้วัดทั้ง 8 คน ที่ชิ้นงานเดียวกัน (Reproducibility) โดยในกรณีนี้จะทำการทดสอบผู้ทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัด (Gauge R&R) โดยทำการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างแยม 4 ตัวอย่าง และเนยถั่วลิสง 1 ตัวอย่าง ด้วยผู้ทดสอบระบบการวัดทั้ง 8 คน จะทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง ทดสอบกับสเกลมาตรฐาน 15 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.13

ตารางที่ 3.13 การเก็บข้อมูลทดสอบระบบการวัดทั้ง 8 คน

ตัวอย่างทดสอบ	ผู้ทดสอบคนที่ 1			ผู้ทดสอบคนที่ 2			ผู้ทดสอบคนที่ 3			ผู้ทดสอบคนที่ 4		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	5	5	5	4.8	5	5.1	5	5	5	4.7	5.3	5
2	5.5	5.5	5.5	5.3	5.8	5.5	5.5	5.3	5.5	5.7	5.5	5.5
3	6	5.8	6	6	6	5.8	6	6	6.3	6	6	5.7
4	6.5	6.5	6.3	6.5	6.3	6.5	6.5	6.5	6.5	6.3	6.5	6.5
5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

ตารางที่ 3.13**(ต่อ)** การเก็บข้อมูลทดสอบระบบการวัดทั้ง 8 คน

ตัวอย่างทดสอบ	ผู้ทดสอบคนที่ 5			ผู้ทดสอบคนที่ 6			ผู้ทดสอบคนที่ 7			ผู้ทดสอบคนที่ 8		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1	5	5.3	5	5	5	5.1	5	5	5	4.7	5	5
2	5.5	5.3	5.5	5.5	5.8	5.5	5.5	5.5	5.5	5.7	5.5	5.6
3	6	5.8	6	5.8	6	5.8	5.8	6	6.3	6	6	6
4	6.4	6.5	6.3	6.4	6.3	6.5	6.5	6.7	6.5	6.3	6.3	6.5
5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5

จากตารางที่ 3.13 ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์และแสดงผลออกมา ดังรูปที่ 3.5

Gage R&R Study - ANOVA Method

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	4	87.3588	21.8397	1835.45	0.000
Operator	7	0.0343	0.0049	0.41	0.887
Part * Operator	28	0.3332	0.0119	0.82	0.723
Repeatability	80	1.1667	0.0146		
Total	119	88.8930			

Alpha to remove interaction term = 0.25

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	4	87.3588	21.8397	1572.63	0.000
Operator	7	0.0343	0.0049	0.35	0.927
Repeatability	108	1.4998	0.0139		
Total	119	88.8930			

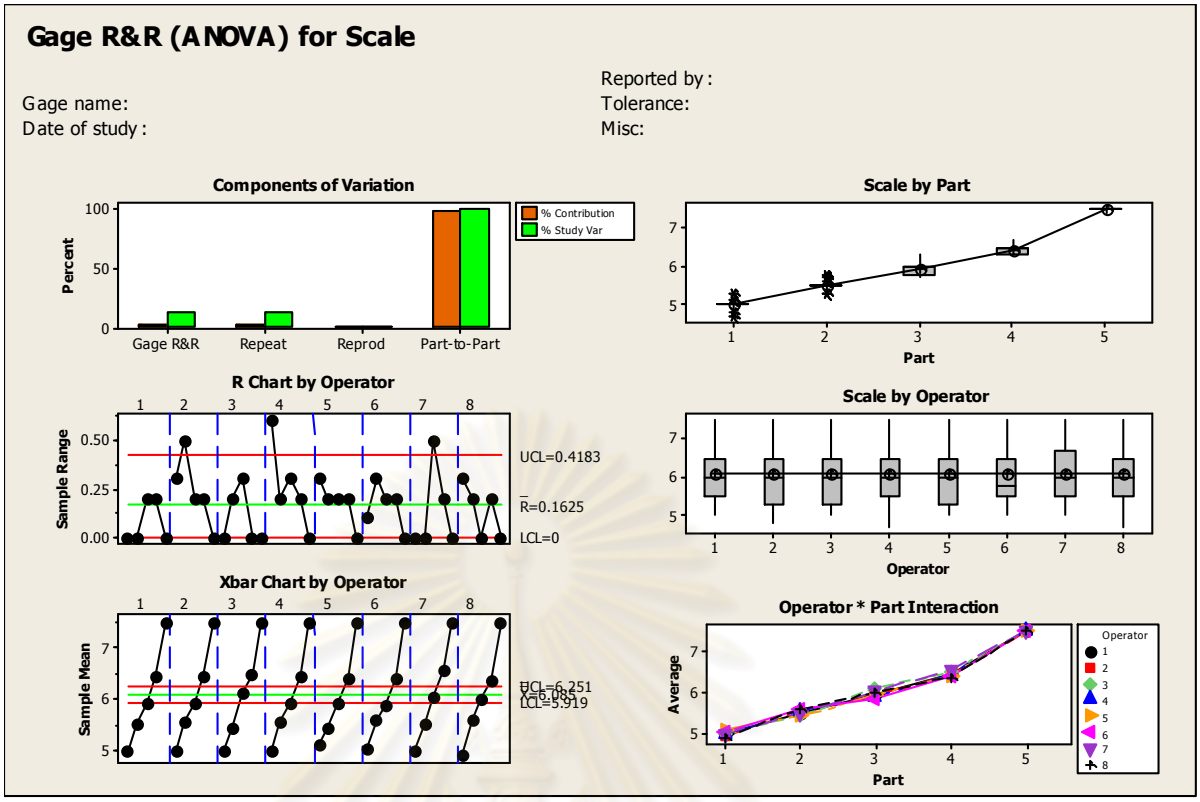
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.013887	1.50
Repeatability	0.013887	1.50
Reproducibility	0.000000	0.00
Operator	0.000000	0.00
Part-To-Part	0.909409	98.50
Total Variation	0.923297	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.117845	0.70707	12.26
Repeatability	0.117845	0.70707	12.26
Reproducibility	0.000000	0.00000	0.00
Operator	0.000000	0.00000	0.00
Part-To-Part	0.953629	5.72178	99.25
Total Variation	0.960883	5.76530	100.00

Number of Distinct Categories = 11

Gage R&R for Scale



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงผลการทดสอบระบบการวัด

จากรูปที่ 3.5 สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.14

ตารางที่ 3.14 สรุปผลการทดสอบระบบการวัด

	ผลลัพธ์	ดี	ควรระมัดระวัง	อันตราย
%P/TV	12.26	ต่ำกว่า 15%	15 ถึง 30%	มากกว่า 30%
%Contribution	1.5	ต่ำกว่า 2%	2 ถึง 7.7%	มากกว่า 7.7%
Number Of Distinct Categories	11	มากกว่า 10	5 ถึง 10	น้อยกว่า 5

โดย

- % P/TV คือการเปรียบเทียบของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัด Gauge R&R เทียบกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระบบการวัดทั้งหมด

- % Contribution คือการเปรียบเทียบของค่าความแปรปรวนของระบบการวัด Gauge R&R เทียบกับค่าความแปรปรวนของระบบการวัดทั้งหมด หรือเป็นบอกว่าระบบการวัดผู้ทดสอบส่งผลต่อกระบวนการมากน้อยอย่างไร
- Number Of Distinct Categories คือความสามารถในการแยกความแตกต่างของระบบการวัด

จากตารางที่ 3.14 สามารถสรุปได้ว่าระบบการวัดหรือผู้ทดสอบนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับหรือสามารถเชื่อถือระบบการวัดนี้ได้ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ทดสอบได้ผ่านเกณฑ์การยอมรับแล้วว่าเชื่อถือได้

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ผลและรายงานผล

จากขั้นตอนการคัดเลือกผู้ทดสอบและขั้นตอนการฝึกฝนจนรวมไปถึงขั้นตอนการทดสอบจริงเพื่อดูระบบการวัดของผู้ทดสอบว่ามีความเชื่อถือจริงหรือไม่ สามารถสรุปผลออกมาได้ว่า ผู้ทดสอบทั้ง 8 คนนั้นผ่านเกณฑ์การยอมรับจากทุกขั้นตอนที่ผ่านมา

ดังนั้นผู้ทดสอบทั้ง 8 คนจึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการหาขีดจำกัดข้อกำหนด ความแข็งของแยมต่อไป

3.2.7 การทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีทดสอบ Just About Right Scale (JAR) ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 8 คน

หลังจากได้ทำการฝึกฝนผู้ทดสอบจนสามารถผ่านเกณฑ์ยอมรับเชื่อถือได้แล้วนั้น จึงเปรียบเสมือนผู้ทดสอบทั้ง 8 คน เป็นเครื่องมือวัดชนิดหนึ่ง ซึ่งขั้นตอนต่อมาจะทำการทดสอบแยมด้วยย่านค่าความแข็งต่างๆเพื่อนำช่วงค่าเหล่านั้นไปทำการทดสอบกับผู้บริโภคภายนอกอีก 100 คน (Cross et al., 1978; Gatchalian, 1981) เพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดต่อไป

โดยได้ทำการกำหนดความแข็งของแยมไว้ 10 ค่า (นิวตัน) และได้ทำการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยวิธีทดสอบประสาทสัมผัส JAR โดยกำหนดสเกลไว้ 3 ค่า คือ นิ่มเกินไป พอดี และแข็งมากไป และได้ทำการติดรหัสของค่าความแข็งของแยมต่างๆบนถ้วยแยมเอาไว้ ดังตารางที่ 3.15

ตารางที่ 3.15 รหัสแยมบนค่าความแข็งของแยมทั้ง 10 ค่า

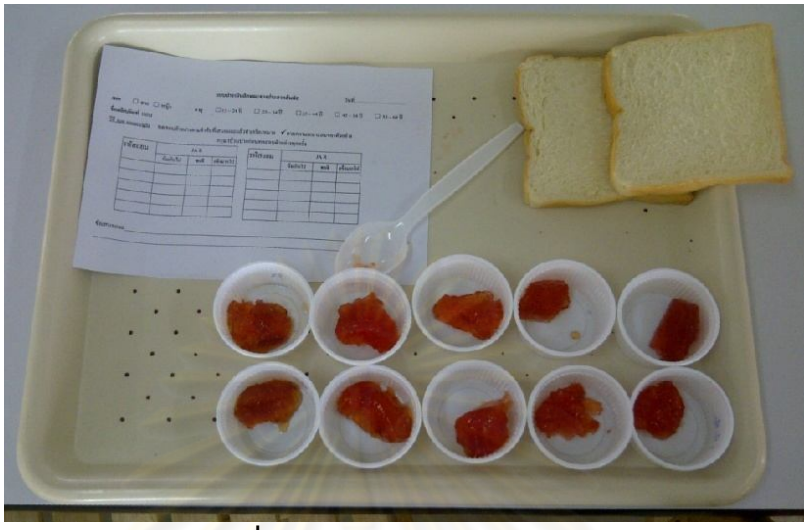
ความแข็งแยม(นิวตัน)	กลุ่มความแข็งแยม	รหัสบนถ้วยแยม							
		ถ้วยที่ 1	ถ้วยที่ 2	ถ้วยที่ 3	ถ้วยที่ 4	ถ้วยที่ 5	ถ้วยที่ 6	ถ้วยที่ 7	ถ้วยที่ 8
1.5	1	11	21	31	41	51	61	71	81
2	2	12	22	32	42	52	62	72	82
2.5	3	13	23	33	43	53	63	73	83
3	4	14	24	34	44	54	64	74	84
3.5	5	15	25	35	45	55	65	75	85
4	6	16	26	36	46	56	66	76	86
4.5	7	17	27	37	47	57	67	77	87
5	8	18	28	38	48	58	68	78	88
5.5	9	19	29	39	49	59	69	79	89
6	10	110	210	310	410	510	610	710	810

จากตารางที่ 3.15 ได้ทำการกำหนดความแข็งของแยมไว้ 10 ค่า และทำการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งไปครั้งละ 0.5 นิวตัน โดยจะทำการตักแยมใส่ถ้วยแล้วนำไปชั่งที่น้ำหนัก 15 กรัม และนำมาแยกเป็นกลุ่มความแข็งของแยม ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบทั้ง 8 คน โดยได้กำหนดรหัสไว้ตามกลุ่มความแข็งของแยม เช่น แยมที่ค่า 5 นิวตัน เป็นแยมกลุ่มความแข็งที่ 8 ก็จะทำการกำหนดเลขตัวสุดท้ายไว้คือเลข 8 และทำการนับจากถ้วยที่ 1 ถึงถ้วยที่ 8 เป็นต้น ดังรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6(ก) ชั่งน้ำหนักของแยมที่ 15 กรัม **รูปที่** 3.6(ข) แบ่งกลุ่มของความแข็งของแยม

ซึ่งการทดสอบจะทำการสุ่มผู้ทดสอบทั้ง 8 คน ให้เป็นอิสระต่อกัน โดยจะทำการทดสอบคนละช่วงเวลาเพื่อลดความลำเอียงของการให้คะแนน JAR โดยได้ทำชุดทดสอบแบบฟอร์มการ

ทดสอบแบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส JAR (ภาคผนวก ค.) และจัดทำชุดทดสอบเพื่อให้ผู้ทดสอบทั้ง 8 คน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชุดการทดสอบแยม JAR

จากรูปที่ 3.7 เมื่อจัดทำชุดทดสอบแล้วจะนำไปให้ผู้ทดสอบทั้ง 8 คน ทำการทดสอบปาดแยมลงบนเนื้อขนมปังและให้คะแนน ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 การทดสอบ JAR ด้วยการปาดแยมลงบนขนมปัง

จากรูปที่ 3.8 ผู้ทดสอบ 1 คน จะทำการทดสอบปาดแยม 10 ถ้วย หรือปาดแยมที่ค่าความแข็ง 10 ค่า โดยเมื่อทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถสรุปผลการทดสอบ JAR ถึงความรู้สึกในการปาดแยมลงบนเนื้อขนมปัง โดยกำหนดรหัสค่าของ JAR ไว้ดังนี้ คือ (Prinyawiwatkul and Waimaleongora-Ek, 2009)

นิ่มเกินไป = 1
พอดี = 2
แข็งมากไป = 3

ดังนั้นการทดสอบแบบ JAR ครั้งนี้จะใช้สเกล 3 สเกล คือ (นิ่มเกินมาก, นิ่มเกินไปหรือเหลวเกินไป = 1), (พอดี, ไม่แข็งและนิ่มเกินไป = 2) และ (แข็งมากไป, ปาดแข็งหรือยากเกินไป =3) โดยสามารถสรุปผลการทดสอบปาดแยม JAR ดังตารางที่ 3.16

ตารางที่ 3.16 ผลการทดสอบ JAR ของผู้ผ่านการคัดเลือก 8 คน

ผู้ทดสอบ	ย่านความแข็งของแยม (นิวตัน)									
	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3
2	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
4	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
5	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
6	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3
7	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3
8	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3

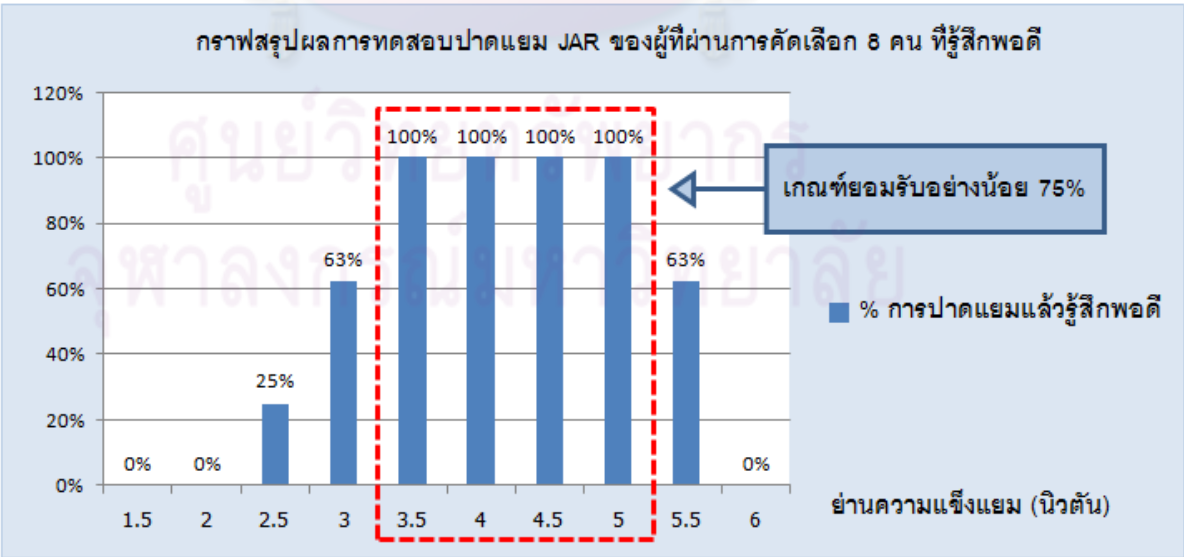
จากตารางที่ 3.16 เมื่อได้ผลการทดสอบ JAR มาแล้วนั้น จึงทำการวิเคราะห์ผลที่ออกมา โดยเป้าหมายของโรงงานคือต้องการพิจารณาที่ผู้ทดสอบปาดแยมแล้วรู้สึกพอดี ดังนั้นจึงตั้งเกณฑ์การยอมรับไว้ที่ 75% ซึ่งก็คือ ถ้าแยมค่านั้นๆ มีการให้คะแนนการปาดแยม JAR ที่พอดีอย่างน้อย

6 ใน 8 คน ก็จะถือว่าแยมค่านั้นเป็นแยมที่ปาดแล้วรู้สึกว่าพอดี โดยได้ทำการสรุปผลออกมา ดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.17 สรุปผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือก 8 คน

การให้คะแนนการปาดแยม JAR	ย่านความแข็งของแยม (นิวตัน)									
	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
นิ่มเกินไป	8	8	6	3	0	0	0	0	0	0
พอดี	0	0	2	5	8	8	8	8	5	0
แข็งมากไป	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8
% การปาดแยมแล้วรู้สึกพอดี	0%	0%	25%	63%	100%	100%	100%	100%	63%	0%

จากตารางที่ 3.17 ค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การปาดแยมที่ผู้ทดสอบทำการปาดและรู้สึกพอดีจากเกณฑ์ที่ทางโรงงานกำหนดขึ้นมาคือ ผู้ทดสอบต้องให้คะแนนที่ความพอดีอย่างน้อย 6 ใน 8 หรือ 75% ของผู้ทดสอบ ซึ่งจากผลของการทดสอบ JAR จะได้ช่วงค่าความแข็งของแยมที่ช่วง 3.5 ถึง 5 นิวตัน ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 กราฟแสดงผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้ที่ผ่านการคัดเลือก 8 คน ที่รู้สึกพอดี

จากรูปที่ 3.9 ก็จะได้ช่วงความแข็งของแยมที่ค่า 3.5 ถึง 5 นิวตัน ซึ่งจะนำช่วงความแข็งของแยมช่วงนี้ ไปหาขีดจำกัดข้อกำหนดกับผู้บริโภคภายนอกต่อไป

3.2.8 การทดสอบ JAR กับผู้บริโภคภายนอกเพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนด

จากผลที่ได้ทำการทดสอบปาดแยมลงบนขนมปังเพื่อทำการทดสอบความรู้สึกในการปาดแยมด้วยวิธี JAR แล้วนั้นได้ช่วงแยมที่ค่า 3.5 ถึง 5 นิวตัน ที่เป็นช่วงความรู้สึกในการปาดแยมที่พอดี จากนั้นจะนำแยมที่ช่วงดังกล่าวไปทำการทดสอบปาดแยมกับผู้บริโภคภายนอกอีกครั้ง เพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยม แต่เนื่องจากต้องทำการเผื่อค่าความแข็งออกไป เพราะอาจเป็นได้ว่าผู้บริโภคภายนอกอาจจะมีความรู้สึกปาดแยมที่รู้สึกพอดีที่ค่าน้อยกว่า 3.5 นิวตัน หรือมากกว่า 5 นิวตัน ก็เป็นไปได้ โดยสาเหตุที่ต้องทำการทดสอบการปาดแยมกับผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 8 คน ก็เพื่อต้องการลดจำนวนแยมที่จะนำไปทดสอบกับผู้บริโภคภายนอกซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าจริงๆ โดยอ้างอิงจากผลการทดสอบ JAR ของผู้ที่ผ่านการทดสอบมาแล้ว

ดังนั้นจึงทำการกำหนดช่วงของความแข็งของแยมจากผลที่ได้จากผู้ทดสอบ คือ 3.5 ถึง 5 นิวตัน โดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคภายนอกเป็นช่วง 2 ถึง 6 นิวตัน เพื่อให้ครอบคลุมเพียงพอกับการทดสอบ

เมื่อได้ช่วงความแข็งของแยมที่ต้องการแล้ว จึงนำไปทดสอบการปาดแยม JAR ด้วยการสุ่มผู้บริโภคภายนอก 100 คน โดยได้ทำการกำหนดรหัสของความแข็งของแยมเป็นกลุ่ม ดังตารางที่ 3.18

ตารางที่ 3.18 รหัสแยมบนค่าความแข็งของแยมทั้ง 9 ค่า

ความแข็งแยม(นิวตัน)	กลุ่มความแข็งแยม	รหัสบนถ้วยแยม						
		ถ้วยที่ 1	ถ้วยที่ 2	ถ้วยที่ 3	ถ้วยที่ 4	ถ้วยที่ 5	...	ถ้วยที่ 100
2	1	11	21	31	41	51	...	1001
2.5	2	12	22	32	42	52	...	1002
3	3	13	23	33	43	53	...	1003
3.5	4	14	24	34	44	54	...	1004
4	5	15	25	35	45	55	...	1005
4.5	6	16	26	36	46	56	...	1006
5	7	17	27	37	47	57	...	1007
5.5	8	18	28	38	48	58	...	1008
6	9	19	29	39	49	59	...	1009

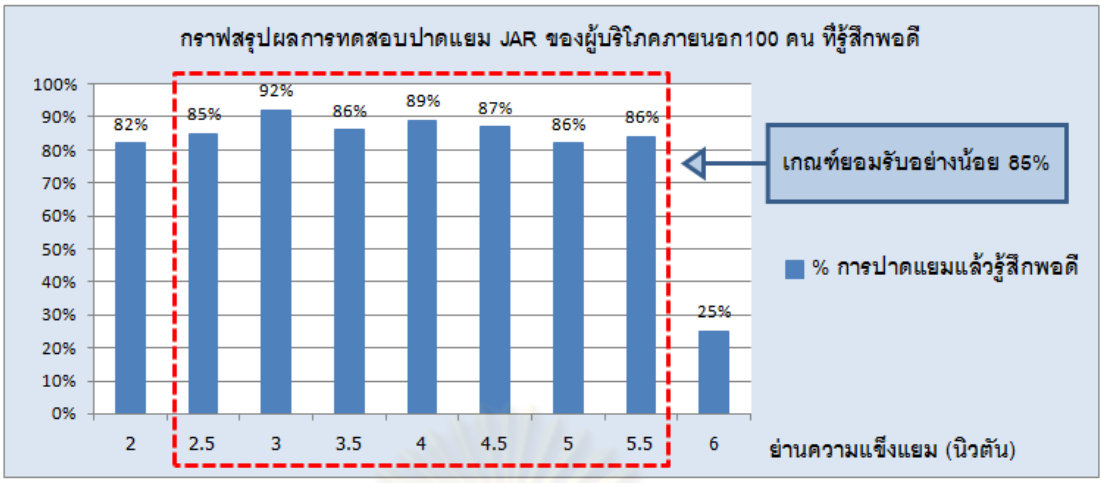
จากตารางที่ 3.18 หลังจากทำการกำหนดรหัสแยมแล้วจึงทำการสุ่มทดสอบกับผู้บริโภคภายนอกโดยขั้นตอนการทดสอบจะเหมือนกับการทดสอบผู้ที่ผ่านการคัดเลือกทั้ง 8 คน โดยเป้าหมายของโรงงานคือต้องการพิจารณาที่ผู้บริโภคภายนอกทั้ง 100 คน ที่ปาดแยมแล้วรู้สึกพอดี ดังนั้นจึงตั้งเกณฑ์การยอมรับไว้ที่ 85% ซึ่งก็คือถ้าแยมค่านั้นๆ มีการให้คะแนนการปาดแยม JAR ที่พอดีอย่างน้อย 85 ใน 100 คน จะถือว่าแยมค่านั้นเป็นแยมที่ปาดแล้วรู้สึกว่าพอดี ซึ่งได้ผลสรุปออกมา ดังตารางที่ 3.19

ตารางที่ 3.19 สรุปผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้บริโภคภายนอก 100 คน

การให้คะแนนการปาดแยม JAR	**ย่านความแข็งของแยม (นิวตัน)**								
	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
นิ่มเกินไป	18	13	4	8	7	3	3	2	0
พอดี	82	85	92	86	89	87	86	86	25
แข็งมากไป	0	2	4	6	4	10	11	12	75
% การปาดแยมแล้วรู้สึกพอดี	82%	85%	92%	86%	89%	87%	86%	86%	25%

จากตารางที่ 3.19 ค่าเปอร์เซ็นต์ (%) การปาดแยมที่ผู้บริโภคภายนอกทำการปาดและรู้สึกพอดี จากเกณฑ์ที่ทางโรงงานกำหนดขึ้นมาคือต้อง ผู้ทดสอบต้องให้คะแนนที่ความพอดีอย่างน้อย 85 ใน 100 หรือ 85% ของผู้ทดสอบ ซึ่งจากผลของการทดสอบ JAR จะได้ช่วงค่าความแข็งของแยมที่ช่วง 2.5 ถึง 5.5 นิวตัน ดังรูปที่ 3.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



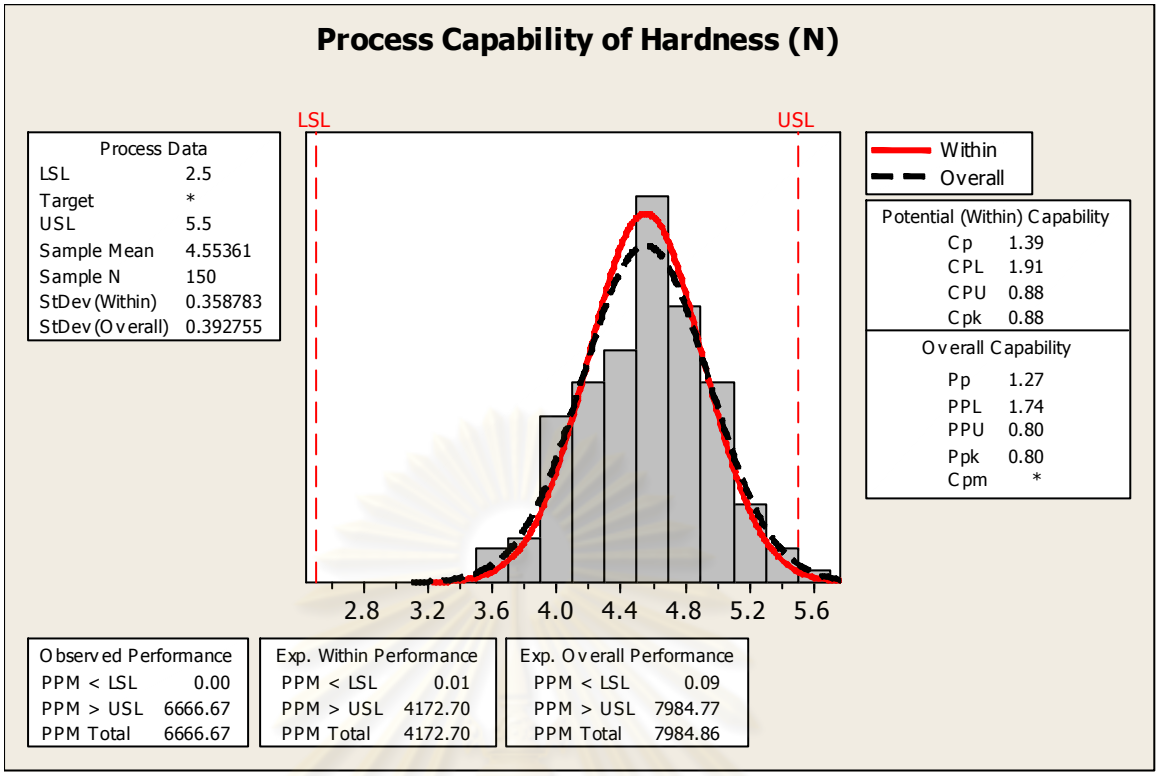
รูปที่ 3.10 กราฟแสดงผลการทดสอบปาดแยม JAR ของผู้บริโภคภายนอก 100 คน ที่รู้สึกพอดี

จากรูปที่ 3.10 จะได้ขีดจำกัดข้อกำหนดที่ได้จากการทดสอบผู้บริโภคภายนอก คือช่วงค่าความแข็ง 2.5 ถึง 5.5 นิวตัน ซึ่งขีดจำกัดข้อกำหนดช่วงนี้จะนำมาเป็นมาตรฐานของทางโรงงานต่อไป

3.2.9 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมในปัจจุบัน

หลังจากที่ทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมที่จะใช้เป็นมาตรฐานของทางโรงงานแล้ว จึงพิจารณาความสามารถของกระบวนการปัจจุบันว่ามีค่า C_p , C_{pk} เป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดที่ 2.5 นิวตัน ถึง 5.5 นิวตัน ดังรูปที่ 3.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 กราฟแสดงความสามารถของกระบวนการ C_p , C_{pk} ของความแข็งของแยม

จากรูปที่ 3.11 จากกราฟจะเห็นว่าการกระจายตัวของความแข็งของแยมปัจจุบันนั้นมีค่า C_p เท่ากับ 1.39 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 นั่นแสดงว่าปัญหาในปัจจุบันไม่ได้เป็นที่ความแปรปรวนแต่ค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งถือว่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวความแข็งของแยมจะพบว่าค่าเฉลี่ยนั้นเลื่อน (Mean Shift) ไปทางขวามือของขีดจำกัดข้อกำหนด (Upper Spec) ซึ่งนั่นหมายถึงค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันนั้นยังแข็งเกินไป ซึ่งต้องการทำการปรับปรุงต่อไป

จากนั้นทำการคำนวณขนาดตัวอย่าง (Sample Size) ของแยม เพราะทางโรงงานไม่เคยทำการวิจัยเรื่องความแข็งของแยมมาก่อน ดังนั้นจึงต้องคำนวณขนาดตัวอย่างเพื่อพิจารณาว่าการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมทั้ง 150 ค่า ที่ทำการเก็บข้อมูลมาพิจารณานั้น สามารถเป็นตัวแทนบอกถึงสภาพปัญหาของความสามารถของกระบวนการ C_p และ C_{pk} ได้ โดยคำนวณจากสูตร (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)

$$n \geq \left(\frac{1}{9C_{pk}^2} + \frac{1}{2} \right) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{e_{ppk}} \right)^2 \qquad (3.9)$$

โดย

C_{pk} คือความสามารถของกระบวนการเท่ากับ 0.88

$Z_{\alpha/2}$ กำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ 5% เมื่อเปิดตาราง Z ได้ค่าเท่ากับ 1.96

e_{ppk} คือระดับเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่ยอมรับได้กำหนดเป็น 15% หรือ 0.15 เพราะค่าความแข็งของแยมบนเนื้อแยมมีความแปรปรวนมาก

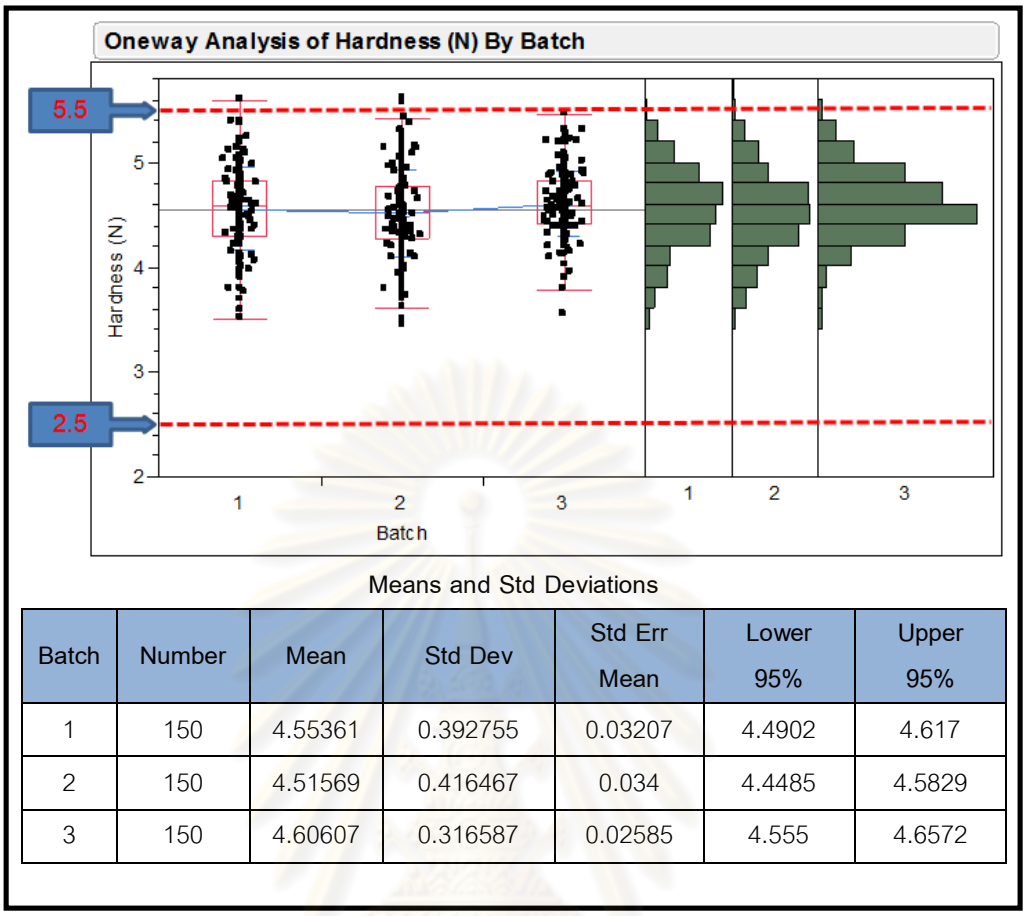
แทนค่าในสมการได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ

$$n \geq \left(\frac{1}{9 \times (0.88)^2} + \frac{1}{2} \right) \left(\frac{1.96}{0.15} \right)^2 \approx 100 \text{ ตัวอย่าง}$$

จากการคำนวณขนาดตัวอย่างจะคำนวณได้ 100 ตัวอย่าง ซึ่งน้อยกว่าการเก็บข้อมูลเพื่อดูสภาพปัญหาตอนแรกที่ 150 ขวด ดังนั้นจึงถือว่าขนาดตัวอย่างที่ทำการเก็บมาพิจารณาค่าความแข็งของแยมนั้นมีความเพียงพอที่ 150 ขวด จึงสามารถเป็นตัวแทนบอกความสามารถของกระบวนการค่าความแข็งของแยมปัจจุบันนั้นได้

ต่อมาทำการสุ่มแยมมา 3 แบช แบชละ 150 ขวด เพื่อพิจารณาดูถึงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือความแปรปรวนในกรณีแยมต่างแบชกัน (Variation Between Batch) ดังรูปที่ 3.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



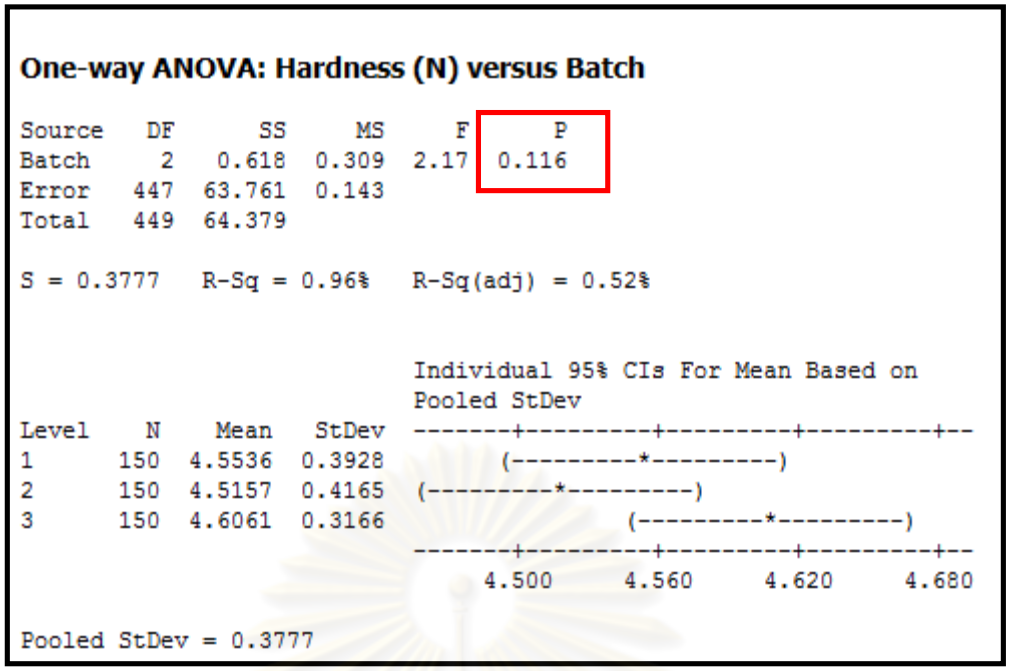
Means and Std Deviations

Batch	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
1	150	4.55361	0.392755	0.03207	4.4902	4.617
2	150	4.51569	0.416467	0.034	4.4485	4.5829
3	150	4.60607	0.316587	0.02585	4.555	4.6572

รูปที่ 3.12 กราฟการกระจายตัวเปรียบเทียบค่าความแข็งของแยม 3 แบช

จากรูปที่ 3.12 หลังจากวัดความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช สุ่มมาแบชละ 150 ขวด มาทำการวัดความแข็งของแยมเพื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนของระหว่างแบช ก็นำมาทดสอบความแปรปรวน (Anova) เพื่อมาวิเคราะห์ดูว่าการกระจายความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช ถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 3.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



One-way ANOVA: Hardness (N) versus Batch

Source	DF	SS	MS	F	P
Batch	2	0.618	0.309	2.17	0.116
Error	447	63.761	0.143		
Total	449	64.379			

S = 0.3777 R-Sq = 0.96% R-Sq(adj) = 0.52%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
1	150	4.5536	0.3928
2	150	4.5157	0.4165
3	150	4.6061	0.3166

4.500 4.560 4.620 4.680

Pooled StDev = 0.3777

รูปที่ 3.13 ผลการแสดงการทดสอบความแปรปรวน

จากรูปที่ 3.13 หลังจากทำการทดสอบความแปรปรวนเพื่อวิเคราะห์ดูการกระจายทั้ง 3 แบช ทดสอบความแตกต่างด้วยค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบแล้วพบว่าค่า P-Value นั้นมากกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า การกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

จากการทดสอบความแตกต่างของการกระจายตัวค่าความแข็งของแยมที่ต่างแบชกันแล้วนั้นพบว่าไม่ได้มีความแปรปรวนในระหว่างแบชจากการทดสอบความแปรปรวน แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานนี้คือค่าเฉลี่ยของแยมภายในแบชเองที่เกิดการเลื่อนออกไปทางด้านขวาของขีดจำกัดข้อกำหนด ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาต่อไป

3.2.10 **ตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล** (Cause and Effect Matrix)

หลังจากที่ได้ทราบปัญหาของความแข็งของแยมในปัจจุบันว่ามีปัญหาที่ค่าเฉลี่ยนั้นเลื่อนออกไปทางขวาทำให้ในปัจจุบันแยมนั้นถือว่ามีความแข็งที่อยู่นอกขีดจำกัดข้อกำหนดอยู่ประมาณ 0.6667% ดังนั้นจึงทำการระดมสมอง โดยการกำหนดปัจจัยนำเข้าที่อาจมีผล (KPIV) โดยใช้ตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยการระดมสมองเพื่อคิดหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของ

ความแข็งของแยมมาใส่ลงในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล ซึ่งได้กำหนดอัตราความสำคัญเท่ากับ 10 สำหรับสาเหตุที่อาจทำให้เกิดค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมเลื่อนออกไป

และในแต่ละปัจจัยให้กลุ่มสมาชิกทำการลงคะแนนความสำคัญ ซึ่งจะให้คะแนนในช่วง 1 ถึง 10 คะแนน โดยกำหนดอัตราส่วนที่จะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของแยม ดังตารางที่ 3.20 (ภัทร์วุธ บุญลาภ, 2553)

ตารางที่ 3.20 เกณฑ์ในการให้คะแนนความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

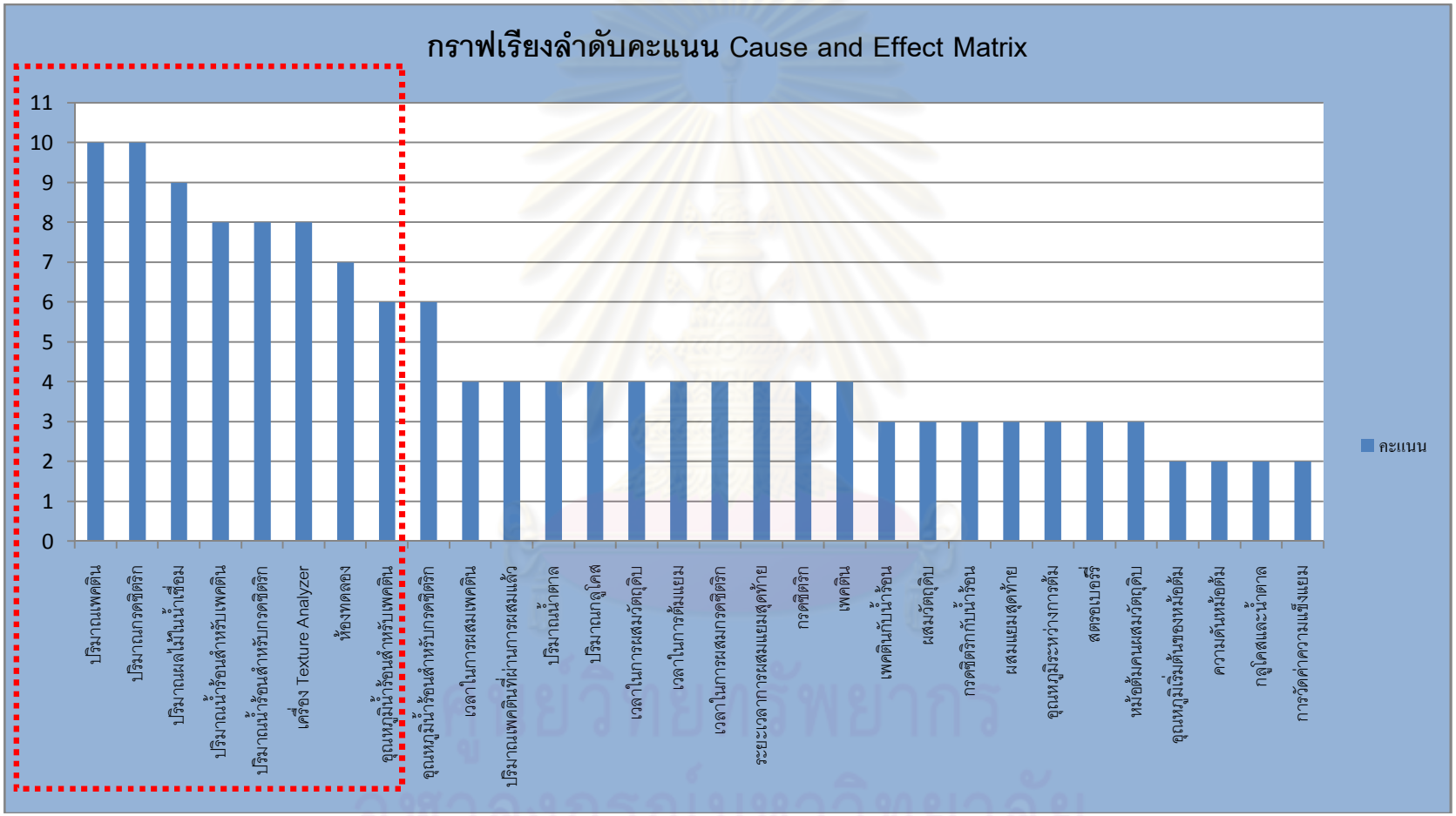
เกณฑ์การให้คะแนน	ความสำคัญ
"0"	ไม่มีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของแยมเลย
"1" - "3"	มีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของแยมน้อย
"4" - "6"	มีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งปานกลาง
"7" - "10"	มีความสำคัญต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งมากถึงมากที่สุด

จากนั้นทำการรวบรวมคะแนนที่ได้จากการคะแนนความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของแยมที่เลื่อนออกไป และทำการสรุปผลคะแนนในตาราง Cause and Effect Matrix ดังตารางที่ 3.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.21 ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล

Cause and Effect Matrix					
No.	Area Cause	Process Input		คะแนน	เปอร์เซ็นต์
1	Man	พนักงานผสม	เพคตินกับน้ำร้อน	3	2.19%
2			ผสมวัตถุดิบ	3	2.19%
3			กรดซิตริกกับน้ำร้อน	3	2.19%
4			ผสมแยมสุดท้าย	3	2.19%
5	Method	ผสมเพคตินกับน้ำร้อน	ปริมาณเพคติน	10	7.30%
6			ปริมาณน้ำร้อนสำหรับเพคติน	8	5.84%
7			อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับเพคติน	6	4.38%
8			เวลาในการผสมเพคติน	4	2.92%
9		ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ	ปริมาณเพคตินที่ผ่านการผสมแล้ว	4	2.92%
10			ปริมาณผลไม้ในน้ำเชื่อม	9	6.57%
11			ปริมาณน้ำตาล	4	2.92%
12			ปริมาณกลูโคส	4	2.92%
13			เวลาในการผสมวัตถุดิบ	4	2.92%
14		ขั้นตอนการต้มแยม	อุณหภูมิเริ่มต้นของหม้อต้ม	2	1.46%
15			อุณหภูมิระหว่างการต้ม	3	2.19%
16			ความดันหม้อต้ม	2	1.46%
17			เวลาในการต้มแยม	4	2.92%
18		กรดซิตริกผสมน้ำร้อน	ปริมาณกรดซิตริก	10	7.30%
19			ปริมาณน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	8	5.84%
20			อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	6	4.38%
21			เวลาในการผสมกรดซิตริก	4	2.92%
22		ขั้นตอนการผสมแยมสุดท้าย	ระยะเวลาการผสมแยมสุดท้าย	4	2.92%
23	Material	ชนิดของวัตถุดิบ	กรดซิตริก	4	2.92%
24			เพคติน	4	2.92%
25			สตรอเบอรี่	3	2.19%
26			กลูโคสและน้ำตาล	2	1.46%
27	Machine/Equipment	เครื่องมือวัดและเครื่องจักร	เครื่อง Texture Analyzer	8	5.84%
28			หม้อต้มคนผสมวัตถุดิบ	3	2.19%
29	Measurement	ความถูกต้องในการวัด	การวัดค่าความแข็งแยม	2	1.46%
30	Environment	อุณหภูมิ	ห้องทดลอง	7	5.11%



รูปที่ 3.14 กราฟเรียงลำดับคะแนน Cause and Effect Matrix

ตารางที่ 3.22 ปัจจัยนำเข้า 7 ปัจจัย ที่มีคะแนนสูงกว่า 5 คะแนน

ลำดับ	ปัจจัย	คะแนน
1	ปริมาณเพคติน	10
2	ปริมาณกรดซิตริก	10
3	ปริมาณผลไม้ในน้ำเชื่อม	9
4	ปริมาณน้ำร้อนสำหรับเพคติน	8
5	ปริมาณน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	8
6	เครื่อง Texture Analyzer	8
7	ห้องทดลอง	7
8	อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับเพคติน	6
9	อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	6

จากปัจจัยทั้ง 9 ปัจจัย มีความสำคัญส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม โดยมีรายละเอียดการเลือกปัจจัยนำเข้า ดังนี้

- ปริมาณเพคติน

ปริมาณเพคตินเป็นเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ (Biopolymer) หรือพอลิเมอร์ธรรมชาติ (Natural polymer) ที่ทำหน้าที่เป็นสารก่อเจลในเนื้อแยมและสามารถเกิดเป็นเจลในสภาวะที่มีน้ำตาลและความเป็นกรดที่เหมาะสมหรือสภาวะที่มีเกลือแคลเซียมร่วมอยู่ด้วยโดยเพคตินจะเกิดเป็นร่างแหในขณะที่ต้มน้ำตาลกับผลไม้ ทำให้เกิดเจลขึ้น ซึ่งปริมาณเพคตินมีความสำคัญอย่างมากในการเซ็ตตัวของเนื้อแยม

- ปริมาณกรดซิตริก

ปริมาณกรดซิตริกเป็นกรดผลไม้หรือกรดอ่อนเพื่อลดการตกผลึกของผลไม้ และเป็นตัวที่ควบคุมการแข็งตัวของเพคติน ดังนั้นปริมาณกรดซิตริกจึงมีความสำคัญมาก

- ปริมาณน้ำร้อนสำหรับเพคตินและกรดซิตริก

ปริมาณน้ำร้อนเป็นปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับเพคตินและกรดซิตริก เพื่อผสมให้เข้ากันก่อนที่จะผสมลงวัตถุดิบ โดยในการตวงปริมาณน้ำร้อนนั้นต้องเป็นปริมาณที่พอเหมาะกับปริมาณเพค

ตินและกรดซิตริกด้วย ดังนั้นถ้าปริมาณน้ำร้อนมากหรือน้อยเกินไปก็จะส่งผลต่อเพคตินและกรดซิตริกที่ผสมลงไปอาจจะเข้มข้นหรือเจือจางไป แต่ปัจจุบันได้มีการกำหนดปริมาณน้ำร้อนให้คงที่จากการผสมเพคตินและกรดซิตริก ดังนั้นปริมาณน้ำร้อนจึงเป็นปัจจัยคงที่

- ปริมาณผลไม้ในน้ำเชื่อม

ปริมาณผลไม้ในเนื้อแยมส่งผลอย่างมากต่อค่าความแข็งของแยม เพราะถ้าปริมาณผลไม้เยอะจะทำให้เนื้อแยมมีความแข็งมากขึ้น แต่ในการผลิตจริงนั้นไม่สามารถควบคุมปริมาณเนื้อผลไม้แต่ละขวดแยมได้ เพราะเนื้อผลไม้จะถูกผสมในหม้อคนและลำเลียงไปถังพักเพื่อปล่อยเนื้อแยมลงบรรจุที่เครื่องบรรจุ 4 หัว โดยไม่สามารถกำหนดหรือควบคุมปริมาณผลไม้ได้ ดังนั้นจึงกำหนดปริมาณผลไม้ในน้ำเชื่อมเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้

- เครื่อง Texture Analyzer

เครื่อง Texture Analyzer ก่อนทำการวัดค่าความแข็งของแยมนั้นจะทำการตรวจเช็คสภาพเครื่องก่อนการวัดทุกครั้ง โดยจะเช็คที่ค่าปรับตั้งเครื่องให้เหมาะสมกับการวัด ดังนั้นจึงกำหนดเครื่อง Texture Analyzer จึงเป็นปัจจัยคงที่

- ห้องทดลอง

ห้องทดลองในการวัดแยมจะทดลองในห้องทดสอบจะทำการกำหนดอุณหภูมิในห้องทดสอบไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้เนื้อแยมในขวดสามารถเซ็ตตัวเร็วขึ้น ดังนั้นจึงกำหนดห้องทดลองเป็นปัจจัยคงที่

- อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับเพคตินและกรดซิตริก

อุณหภูมิน้ำร้อนในการผสมเพคตินและกรดซิตริกนั้น ถ้าอุณหภูมิระหว่างการผสมลดลงไปอาจทำให้ผสมเพคตินและกรดซิตริกไม่เข้ากันและจะส่งผลต่อความแข็งของแยม แต่ในการผลิตจริงได้ทำการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสอยู่ตลอด ดังนั้นจึงกำหนดอุณหภูมิน้ำร้อนเป็นปัจจัยคงที่

จากปัจจัยทั้ง 9 ปัจจัย สามารถสรุปปัจจัยนำเข้าสำคัญ ดังตารางที่ 3.23

ตารางที่ 3.23 กำหนดปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

ลำดับ	ปัจจัย	ประเภทของปัจจัย
1	ปริมาณเพคติน	ปัจจัยนำเข้าทดลอง
2	ปริมาณกรดซิตริก	ปัจจัยนำเข้าทดลอง
3	ปริมาณผลไม้ในน้ำเชื่อม	ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้
4	ปริมาณน้ำร้อนสำหรับเพคติน	ปัจจัยคงที่
5	ปริมาณน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	ปัจจัยคงที่
6	เครื่อง Texture Analyzer	ปัจจัยคงที่
7	ห้องทดลอง	ปัจจัยคงที่
8	อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับเพคติน	ปัจจัยคงที่
9	อุณหภูมิน้ำร้อนสำหรับกรดซิตริก	ปัจจัยคงที่

จากตารางที่ 3.23 ได้สรุปปัจจัยนำเข้าสำคัญที่จะทำการทดลองคือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริกซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยนี้มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าความแข็งของแยม (Kaaber, Kaack et al., 2006)

3.2.11 **สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา**

ในขั้นแรกของระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดความแข็ง โดยใช้มาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบด้านแรงเพื่อบอกความน่าเชื่อถือ โดยทำการทดสอบตามวิธีขั้นตอนด้วยการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด โดยเกณฑ์การวัดคิดจากค่าความผิดพลาดของความถูกต้องที่กำหนดตามมาตรฐานไว้ที่ไม่เกิน ± 1% ซึ่งจากผลของการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด ถือว่าผ่านเกณฑ์ และเกณฑ์การยอมรับที่ช่วงความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบซึ่งทางโรงงานต้องเป็นผู้กำหนดเอง โดยการสอบเทียบแรงดึงได้กำหนดไว้ไม่เกิน ± 1N ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ และการสอบเทียบแรงกดได้กำหนดไว้ไม่เกิน ± 2.5 N ซึ่งก็ถือว่าผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องวัดความแข็งนั้นเชื่อถือได้

จากนั้นทำการหาขีดข้อกำหนดความแข็งของแยมของโรงงาน โดยทำการพิจารณาความสามารถของกระบวนการ(Process Capability, C_p , C_{pk}) ในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขีดจำกัด

ข้อกำหนดความแข็งของแยม ซึ่งถ้าความสามารถของกระบวนการน้อยกว่า 1.33 ก็จะทำการปรับปรุงต่อไป และต้องสามารถสัมพันธ์กับจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

จากนั้นทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมก่อนจากวิธีประเมินการทดสอบ Just About Right (JAR) กับผู้บริโภคภายนอก 100 คน เพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดเอามาเป็นมาตรฐานของค่าความแข็งของแยม โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์การทดสอบปาดแยมแล้วรู้สึกพอดีด้วยเกณฑ์การยอมรับที่ 85 ใน 100 คน ซึ่งจากการวิเคราะห์ออกมาพบว่าขีดจำกัดข้อกำหนดแยมอยู่ที่ช่วง 2.5 นิวตัน ถึง 5.5 นิวตัน

จากนั้นพิจารณาความสามารถของกระบวนการของค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันมาเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด โดยได้ค่า C_p เท่ากับ 1.39 ซึ่งถือว่ามากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 นั่นแสดงว่าปัญหาในปัจจุบันไม่ได้เป็นที่ความแปรปรวนเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดแต่ค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งถือว่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของความแข็งของแยมก็จะพบว่าค่าเฉลี่ยนั้นเลื่อนไปทางขวามือของขีดจำกัดข้อกำหนด ซึ่งนั่นก็หมายถึงค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันนั้นยังแข็งเกินไป

จากนั้นพิจารณาดูถึงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกรณีต่างแบชกัน พบว่าหลังจากทำการทดสอบความแปรปรวน เพื่อวิเคราะห์ดูว่าการกระจายทั้ง 3 แบช ทดสอบความแตกต่างด้วยค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบแล้วก็พบว่าค่า P-Value นั้นมากกว่า 0.05 ซึ่งนั่นหมายความถึงการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัญหาไม่ได้มีความแปรปรวนในระหว่างแบช แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานนี้ก็คือค่าเฉลี่ยของแยมภายในแบชเองที่เกิดการเลื่อนไปทางด้านขวาของขีดจำกัดข้อกำหนด

สุดท้ายทำการกำหนดปัจจัยนำเข้าทดลองด้วยวิธีระดมสมองเพื่อคิดหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมใส่ลงในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยสรุปได้ 2 ปัจจัยนำเข้าทดลอง คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก

3.3 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยการทดลองวิเคราะห์ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย แนวโน้มอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าที่ทำการคัดเลือกจากตารางความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยคัดเลือกที่นำมาทดลอง 2 ปัจจัย ดังนี้

1. ปริมาณเพคติน
2. ปริมาณกรดซิตริก

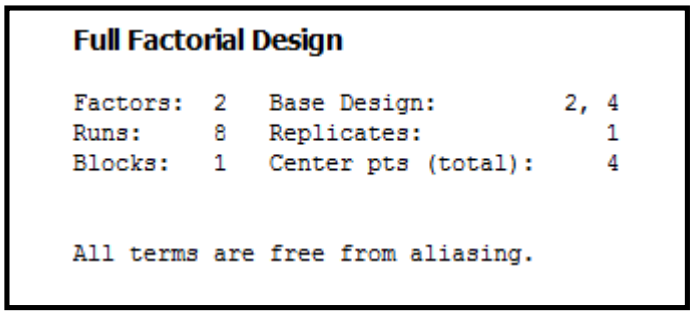
3.3.1 การทดลองที่นำมาพิจารณา

ทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) โดยเลือกทำการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสองระดับ (Full Factorial Design, 2_v^k) แบบเพิ่มมีจุดศูนย์กลาง (Center Point) สำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Variable Factor)(2_v^2) โดยการออกแบบการทดลองนี้ นอกจากจะทำให้สามารถทราบถึงอิทธิพลหลัก (Main Effect) และอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลองแล้วนั้น ยังทำให้ทราบถึงการมีโค้งของผลตอบ (Curvature) ของปัจจัยที่ทำการทดลอง โดยปัจจัยที่ทำการทดลองคือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก ซึ่งเป็นปัจจัยแบบแปรผัน

3.3.2 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

การออกแบบการทดลองสำหรับการทดลองนี้จะใช้การทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล(2_v^k) แบบมีจุดศูนย์กลาง สำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Full Factorial Design with Center Point)(2_v^2) ซึ่งจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลร่วม ระหว่างปัจจัยและการมีความโค้งของปัจจัยแปรผันด้วย

การออกแบบการทดลองจะกระทำโดยใช้โปรแกรม Minitab ในการออกแบบการทดลอง โดยกำหนดให้เป็นการทดลองแบบสุ่ม (Randomization) เพื่อให้การทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย และเป็นปัจจัยแปรผันทั้งหมด จึงได้ทำการทดลอง 8 ลำดับการทดลอง (8 Runs) เพราะได้เพิ่มจุดศูนย์กลาง เข้าไปในการทดลองโดยรายละเอียดการออกแบบการทดลอง ดังรูปที่ 3.15 และตารางที่ 3.24



Full Factorial Design

Factors:	2	Base Design:	2, 4
Runs:	8	Replicates:	1
Blocks:	1	Center pts (total):	4

All terms are free from aliasing.

รูปที่ 3.15 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ 3.24 การออกแบบการทดลอง (2_v^2)

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B
4	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	-1
1	3	1	1	-1	-1
8	4	0	1	0	0
7	5	0	1	0	0
6	6	0	1	0	0
3	7	1	1	-1	1
5	8	0	1	0	0

เมื่อ สัญลักษณ์ -1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับต่ำ (Low)

สัญลักษณ์ +1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับสูง (High)

สัญลักษณ์ 0 หมายถึง จุดศูนย์กลางของปัจจัย (Center Point)

- **การออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล**

เป็นการทดลองที่ทดลองครบทุกเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงค่าของทุกปัจจัย และจะต้องวิเคราะห์ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองทุกกรณี ดังนั้นจึงจะได้ความสัมพันธ์ของทรีทเมนต์ (Treatment Combination) ครบทั้งหมดโดยอาศัยหลักการของคอนฟาวด์ (Confound) ซึ่งจะทำ

ให้การทดลองนี้มีความสามารถในการแยกแยะผลกระทบของอิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมได้ชัดเจน เพราะการทดลองนี้สามารถพิจารณาในส่วนของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลองด้วย

- **การเพิ่มจุดศูนย์กลาง**

การเพิ่มจุดศูนย์เข้าไปในการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลจะสามารถช่วยให้ประหยัดจำนวนการทดลองลง และเพื่อต้องการทดสอบการมีความโค้งของปัจจัยที่ทำการทดลอง หรือเป็นการทดสอบสมมติฐานความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของปัจจัยที่ทำการทดลอง

- **การสุ่มลำดับการทดลอง**

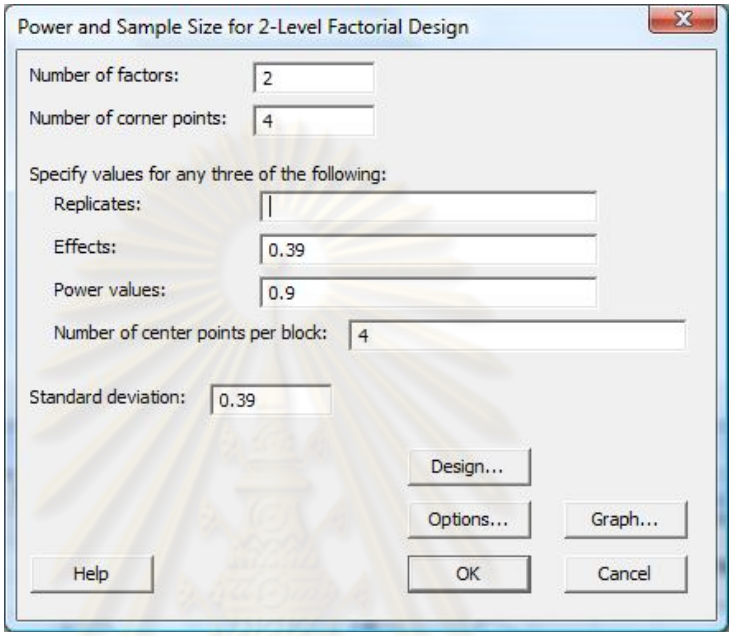
การสุ่มลำดับการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม จะช่วยให้การทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน เพื่อป้องกันความผันแปรจากภายนอกซึ่งอาจทำให้การทดลองมีความลำเอียง ดังนั้นเมื่อทำการทดลองแบบสุ่มจะช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความถูกต้องและลดความลำเอียงได้มากขึ้น

3.3.3 **ตัวแปรตอบสนอง** (Response)

ตัวแปรตอบสนองในการทดลองนี้ ให้ความสนใจไปที่ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม เพราะจากความสามารถของกระบวนการค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดแล้วนั้น ปัญหาที่พบจากการพิจารณาความสามารถของกระบวนค่าความแข็งของแยมทั้งแบบความแปรปรวนภายในแบช (Variation Within Batch) และความแปรปรวนระหว่างแบช (Variation Between Batch) พบว่าปัญหาเป็นที่ค่าเฉลี่ยที่ผิดปกติที่เลื่อนออกไปทางขวาของขีดจำกัดข้อกำหนดภายในแบชเอง แต่ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานปกติเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด โดยเมื่อพิจารณาจากค่า C_p ที่ได้เท่ากับ 1.39 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือ 1.33 ซึ่งเป็นค่าที่เปรียบเทียบเฉพาะความผันแปรของค่าความแข็งของแยมเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด หรืออีกนัยหนึ่งคือการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมนั้นอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนด แต่ค่าC_{pk} นั้นได้ค่า 0.88 หมายความว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งของแยมนั้นมีปัญหาเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดคือค่าเฉลี่ยเลื่อนออกนอกขีดจำกัดข้อกำหนดไปด้านขวา ดังนั้นตัวแปรตอบสนองของการทดลองนี้จะเป็นค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

3.3.4 ขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

จากการกำหนดตัวแปรตอบสนองเป็นค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมแล้วนั้น ต่อไปจะคำนวณหาขนาดตัวอย่างของการทดลองในแต่ละลำดับการทดลอง โดยได้คำนวณจากโปรแกรม Minitab ดังรูปที่ 3.16



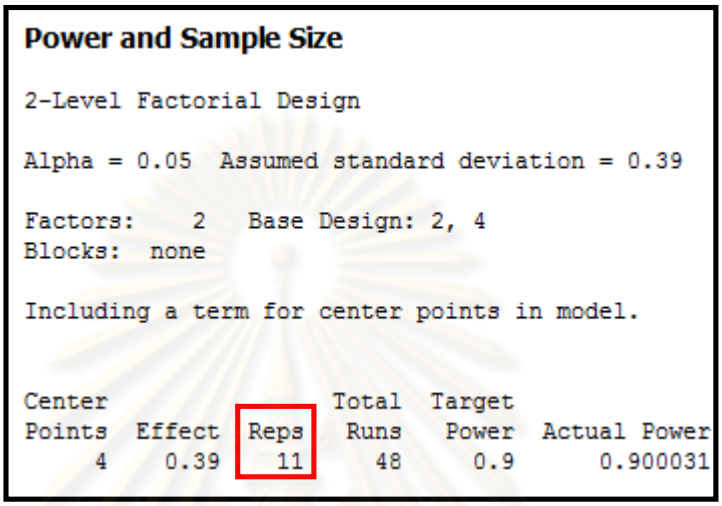
รูปที่ 3.16 แสดงการใส่ค่าหาจำนวนตัวอย่างในโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 3.16 ได้กำหนดค่าต่างๆ ดังนี้

- Number of factors คือ จำนวนปัจจัยหลักที่ต้องการทดสอบหา โดยในการทดลองนี้ใช้ 2 ปัจจัย
- Number of corner points คือ จำนวน ลำดับการทดลองที่ใช้ในการทดลอง โดยทดลอง 4 ลำดับการทดลอง
- Effects คือ ผลต่างระหว่างค่าผลเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ได้จากปัจจัยที่ High Level และจากปัจจัยที่ Low Level ของแต่ละปัจจัย แต่เนื่องจากทางโรงงานไม่เคยทำการวิจัยเรื่องความแข็งของแยมมาก่อนจึงกำหนดให้เป็นค่า 1 เท่าของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 0.39 นิวตัน
- Power values คือ ค่าอำนาจในการทดสอบ โดยเลือกใช้ที่ระดับ 90%
- Standard deviation คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล โดยได้ทำการหามาจากการทดลองค่าความแข็งของแยมครั้งที่ผ่านมาประมาณ 0.39 นิวตัน

- Number of center points per block คือ จำนวนจุดศูนย์กลางต่อหนึ่งบล็อกการทดลอง โดยมี 4 จุดศูนย์กลาง

เมื่อทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab ก็ได้ผล ดังรูปที่ 3.17



Power and Sample Size

2-Level Factorial Design

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.39

Factors: 2 Base Design: 2, 4
Blocks: none

Including a term for center points in model.

Center Points	Effect	Reps	Total Runs	Target Power	Actual Power
4	0.39	11	48	0.9	0.900031

รูปที่ 3.17 รายละเอียดผลการคิดขนาดตัวอย่างจากโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 3.17 จากการคำนวณสามารถสรุปได้ว่าขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง ที่อำนาจของการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.9 และระดับความเชื่อมั่น 95% ต้องใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 11 ขวด และเมื่อคำนวณขนาดตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมดในการทดลองนี้จะได้เท่ากับ 88 ขวด (ปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย การทดลองทั้งหมด 8 การทดลอง เนื่องจากการทำการทดลอง 2 ระดับ เปรียบเทียบกันในแต่ละปัจจัย) สรุปดังตารางที่ 3.25

ตารางที่ 3.25 ขนาดตัวอย่างของการทดลอง (2_v^2)

ชนิดของการทดลอง	**จำนวนการทดลอง (N)**	**ขนาดตัวอย่างต่อ 1 การทดลอง (n)**	**ขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้ทั้งหมด (nxN)**
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)	Full Factorial Design with Center Point	11	88

3.3.5 การกำหนดระดับปัจจัยนำเข้า

จากปัจจัยนำเข้าจะมีอยู่ 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก โดยทั้ง 2 ปัจจัยนี้จะถูกนำมาศึกษาเพื่อหาผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม โดยการออกแบบการทดลอง (DOE) แบบเชิงแฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดศูนย์กลางเพราะทั้ง 2 ปัจจัยเป็นปัจจัยแบบแปรผัน

การกำหนดระดับการทดลองของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ จะกำหนดตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือช่วงของการใช้งานที่ใช้อยู่ปัจจุบัน โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) และมีการเพิ่มจุดศูนย์กลางด้วย โดยระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลองดังตารางที่ 3.26

ตารางที่ 3.26 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง (2_v^2)

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ชนิดของปัจจัย	ระดับต่ำ (-1)	จุดศูนย์กลาง	ระดับสูง (+1)
A	ปริมาณเพคติน	ปัจจัยแปรผัน	14 กรัม	17.5 กรัม	21 กรัม
B	ปริมาณกรดซิตริก	ปัจจัยแปรผัน	28 กรัม	33 กรัม	38 กรัม

3.3.6 การทำการทดลอง

- **การเตรียมการทดลอง**

เตรียมการทดลองโดยการเตรียมเครื่องมือที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองให้พร้อม จากนั้นทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ให้เข้าใจถึงการปรับตั้งพารามิเตอร์ วิธีการทดลอง รวมถึงการใช้เครื่องมือต่างๆในการทดลองให้ถูกต้องกับระดับที่ต้องการ เช่น ขั้นตอนการผสมเพคตินหรือกรดซิตริก วิธีการตวงวัดปริมาณ รวมถึงการควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองให้แต่ละการทดลองไม่ปะปนกับงานปกติที่ทำการผลิตอยู่ โดยเนื่องจากขนาดตัวอย่างในแต่ละลำดับการทดลองมีเพียง 11 ตัวอย่าง/การทดลอง ทำให้ต้องทำการทดลองในห้องทดสอบ (Lab) แทนสายการผลิตจริงเนื่องจากอาจส่งผลกระทบต่อการผลิตจริงของทางโรงงาน

- **ขั้นตอนการทดลอง**

ทำการทดลองตามลำดับการทดลองที่ทำการสุ่มไว้โดยโปรแกรม Minitab คือทำการทดลองตามลำดับที่กำหนดไว้ในช่อง “Run Order” ซึ่งขั้นตอนการทดลองแสดงดังแผนภูมิการไหลดังรูปที่ 3.18 และมีรายละเอียดดังนี้

1. ควบคุมอุณหภูมิในห้องทดลองที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้แยมเซ็ตตัวเร็วขึ้นภายใต้อุณหภูมิห้องทดลองที่เย็นกว่าสายการผลิตจริง

2. เตรียมวัตถุดิบของการผสมแยมสตรอเบอร์รี่

3. เตรียมเครื่อง Texture Analyzer ให้พร้อมใช้งาน

4. เตรียมปริมาณเพคติน และกรดซิตริก ในระดับปัจจัยต่างๆ ตามลำดับการทดลองและทำการผสมลงไปในเนื้อแยม โดยปริมาณเพคตินและกรดซิตริกที่เตรียมไว้นั้นจะกำหนดให้ผสมแยมได้ 11 ขวด/ลำดับการทดลอง เท่านั้น

5. ผสมเพคตินกับกรดซิตริกที่ได้เตรียมไว้ตามระดับปัจจัย และทำการผสมเข้ากับวัตถุดิบที่ได้ผสมไว้ก่อนหน้าตามสูตรปกติของทางโรงงาน

6. เมื่อผสมแยมเสร็จแล้วนำมาบรรจุลงขวด ขนาดบรรจุ 280 กรัม และรอจนแยมในขวดเซ็ตตัว

7. ทำการวัดค่าความแข็งของแยมและบันทึกผลในแผ่นรายงานการตรวจสอบ

8. ทำการเตรียมปริมาณเพคติน และกรดซิตริก ในระดับปัจจัยต่อมา ตามลำดับการทดลอง จนสิ้นสุดการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.18 แผนภูมิการไหลของวิธีการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.7 ผลการทดลอง

หลังจากทดลองตามขั้นตอนการทดลองที่ได้กำหนดไว้ ทำให้ได้ผลการทดลองเป็นค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งของแยม 11 ขวด/ลำดับการทดลอง ดังตารางที่ 3.27

ตารางที่ 3.27 การออกแบบและผลของข้อมูล

RunOrder	A	B	Hardness (N)
1	1	1	6.16
2	1	-1	3.52
3	-1	-1	2.49
4	0	0	4.18
5	0	0	4.16
6	0	0	4.20
7	-1	1	5.64
8	0	0	4.13

3.3.8 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง จากนั้นหากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้ผลเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดจึงจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับของปัจจัยที่โดยการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองแบบไม่มีการทดลองซ้ำ (Replicate) จึงไม่มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนต่อไป

- **การวิเคราะห์ผลการทดลอง**

เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้น ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ดังรูปที่ 3.19

Factorial Fit: Hardness versus A, B

Estimated Effects and Coefficients for Hardness (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		4.4525	0.01493	298.22	0.000
A	**0.7750**	**0.3875**	**0.01493**	**25.95**	**0.000**
B	**2.8950**	**1.4475**	**0.01493**	**96.95**	**0.000**
A*B	**-0.2550**	**-0.1275**	**0.01493**	**-8.54**	**0.003**
Ct Pt		-0.2850	0.02111	-13.50	0.001

S = 0.0298608 PRESS = *
R-Sq = 99.97% R-Sq(pred) = *% R-Sq(adj) = 99.93%

Analysis of Variance for Hardness (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	**2**	**8.98165**	**8.98165**	**4.49082**	**5036.44**	**0.000**
2-Way Interactions	**1**	**0.06502**	**0.06502**	**0.06502**	**72.93**	**0.003**
Curvature	**1**	**0.16245**	**0.16245**	**0.16245**	**182.19**	**0.001**
Residual Error	3	0.00268	0.00268	0.00089		
Pure Error	3	0.00268	0.00268	0.00089		
Total	7	9.21180				

รูปที่ 3.19 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

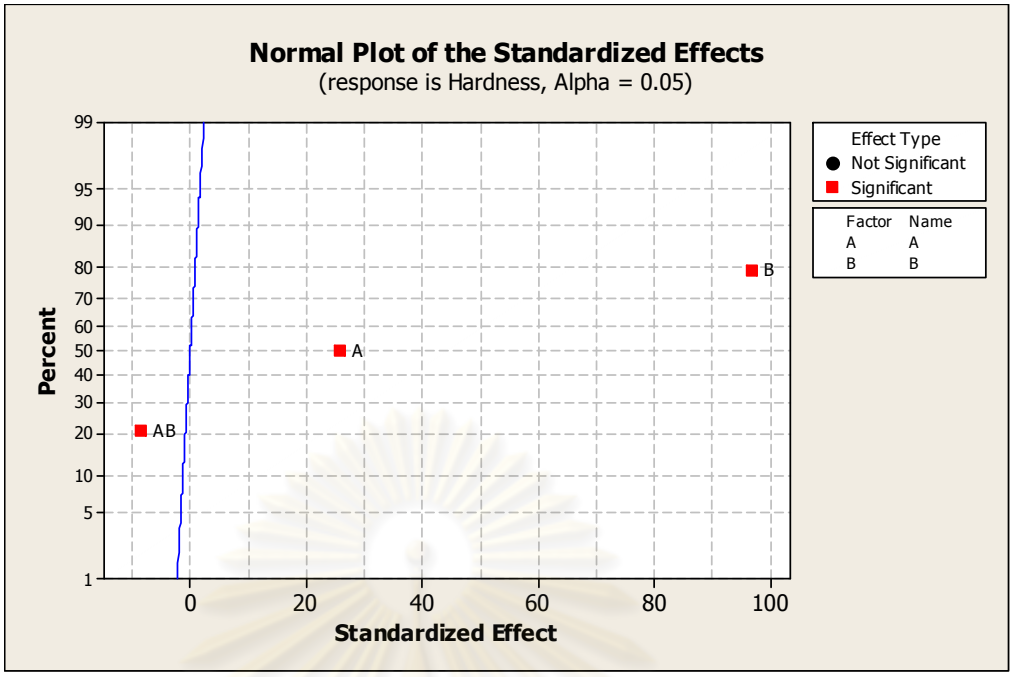
จากรูปที่ 3.19 การวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้นจากโปรแกรม Minitab เพื่อพิจารณาเทอมของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ซึ่งก็คือปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 โดยเมื่อทำการพิจารณาจากค่า P-Value แล้วของปัจจัยทั้งหมดทั้งปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด เพราะค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 ด้วยสมมติฐานที่ว่า

H_0: ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองเท่ากับ 0

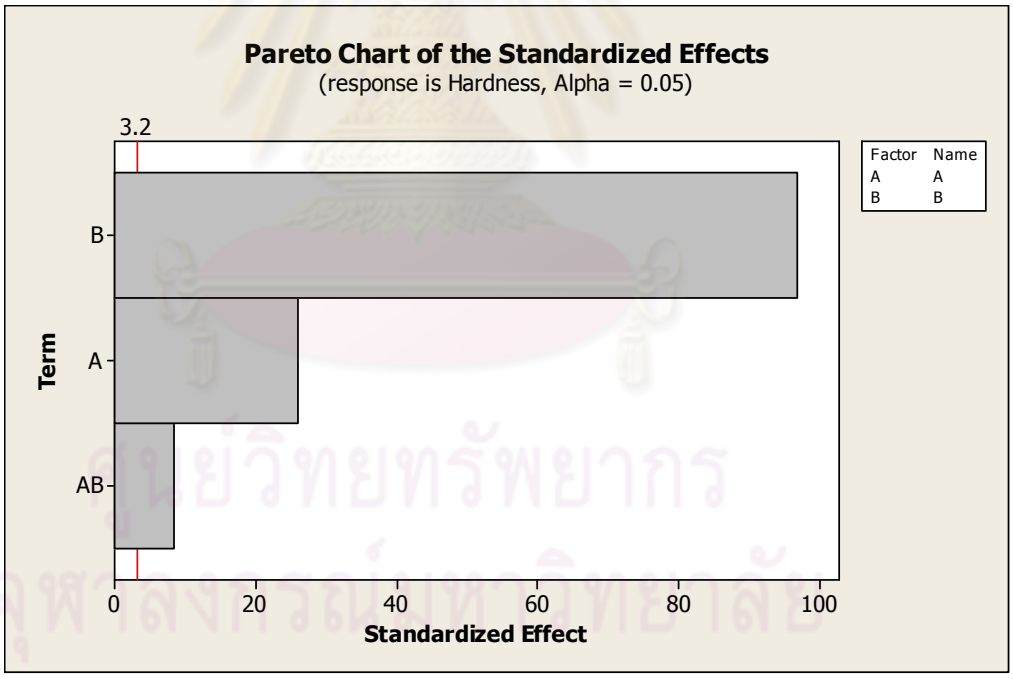
H_1: ผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองไม่เท่ากับ 0

และพบว่าทั้ง 2 ปัจจัยยังมีอิทธิพลต่อเนื่องจากความโค้งเกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเพราะค่า P-Value ของการทดสอบ Curvature มีค่า 0.001 น้อยกว่า 0.05

จากนั้นพิจารณาผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญจากกราฟ Normal Plot และ แผนภูมิพาเรโต ดังรูปที่ 3.20 และ 3.21 ตามลำดับ



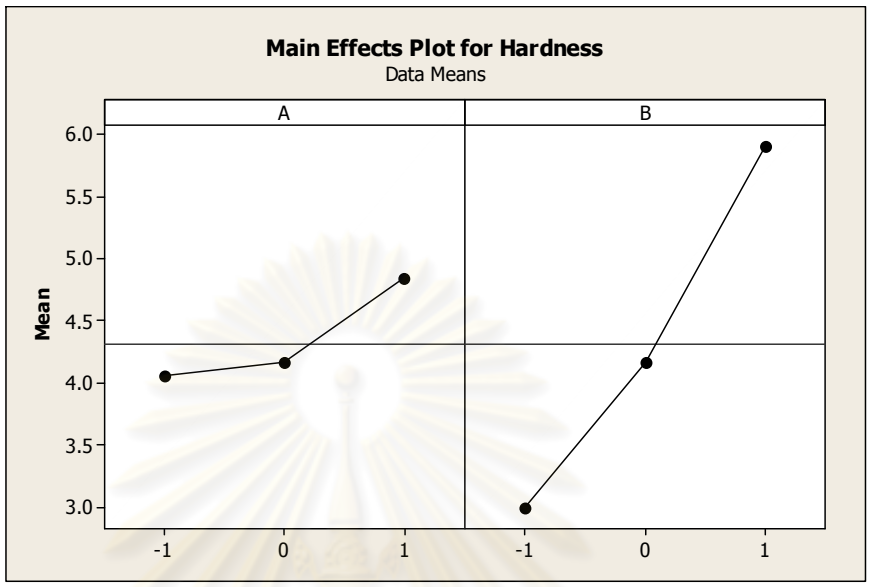
รูปที่ 3.20 กราฟ Normal Plot ของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง



รูปที่ 3.21 แผนภูมิพาเรโตของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

โดยจากรูปที่ 3.20 และ 3.21 จะเห็นว่าปัจจัยหลักและอันตรกิริยามีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด และนอกจากนั้นยังสามารถ

แสดงแผนภาพผลของ Main Effect Plot และ Interaction Plot เพื่อแสดงถึงผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังรูปที่ 3.22 และ 3.23 ตามลำดับ



รูปที่ 3.22 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

รูปที่ 3.23 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

จากรูปที่ 3.22 และ 3.23 จะพบว่าปัจจัย 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเพคติน (A) และปริมาณกรดซิตริก (B) นั้น มีผลที่ระดับของปัจจัยที่สอดคล้องกันไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าที่ระดับต่ำ (-1) ของทั้งปัจจัย A และ B ก็จะทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมน้อย แต่ถ้าเพิ่มระดับของปัจจัยที่ระดับสูง (+1) ของทั้งปัจจัย A และ B จะทำให้ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมมีค่าสูงขึ้น ซึ่งหมายความว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีอิทธิพลร่วมกัน เพราะทั้ง 2 ปัจจัยต่างมีทิศทางไปในทางเดียวกันคือยิ่งเพิ่มระดับของปัจจัยขึ้นของ 2 ปัจจัยก็จะยิ่งส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมมากขึ้นตามไปด้วย และทั้ง 2 ปัจจัยก็มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างมีนัยสำคัญด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่าปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย มีอิทธิพลเนื่องจากความโค้ง ดังนั้นจึงทำการทดสอบแบบพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology, RSM) เพื่อค่าระดับปัจจัยที่ดีที่สุดต่อไป

3.3.9 **สรุประยะการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา**

พิจาณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อเฉลี่ยความแข็งของแยมด้วยตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จึงได้สรุปออกมาเป็น 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณ กรดซิตริก และจึงทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล แบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Full Factorial Design with Center Point)(2_v^2) โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย และเป็นปัจจัยแปรผันทั้งหมด จึงได้ทำการทดลอง 8 ลำดับการทดลอง ด้วยขนาดตัวอย่างเท่ากับ 11 ขวด/การทดลอง

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้น ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

หลังจากทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีนัยสำคัญด้วยการออกแบบการทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Variable Factor)(2_v^2) โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยทั้งปัจจัยหลักและอันตรกิริยามีผลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ คือ A, B และ AB โดย A คือ ปริมาณเพคติน และ B คือ ปริมาณกรดซิตริก นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลเนื่องจากความโค้ง จึงทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการนี้ โดยศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมเพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมตรงเป้าหมายมากที่สุด โดยการวิเคราะห์ผลการทดลองจากข้อมูลที่มีอยู่

3.4.1 การออกแบบการทดลองเพิ่ม

จากปัจจัยทั้งหมดที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมมีเพียง 2 ปัจจัย ซึ่งลักษณะของแต่ละปัจจัยนั้นแปรผันเป็นลักษณะเส้นโค้ง จึงใช้การออกแบบการทดลองแบบพื้นผิวตอบสนอง โดยเลือกวิธี Central Composite design (CCD) เพราะเป็นการทดลองที่เริ่มต้นด้วยปัจจัยแค่ 2 ปัจจัยซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของงานวิจัยนี้ ดังนั้นการทดลองนี้จะทำการศึกษาที่ 2 ปัจจัย จำนวนการทดลอง 13 ลำดับการทดลอง ดังรูปที่ 3.24

Central Composite Design

Factors:	2	Replicates:	1
Base runs:	13	Total runs:	13
Base blocks:	1	Total blocks:	1

Two-level factorial: Full factorial

Cube points:	4
Center points in cube:	5
Axial points:	4
Center points in axial:	0

Alpha: 1.41421

รูปที่ 3.24 รายละเอียดการออกแบบการทดลองโดยโปรแกรม Minitab ด้วยวิธี CCD

จากรูปที่ 3.24 รายละเอียดการออกแบบการทดลองจะทดลองทั้งหมด 13 ลำดับการทดลอง โดยทำการกำหนดระดับปัจจัยการทดลอง 5 ระดับ คือ ระดับ -1.414, -1, 0, 1, 1.414 โดยระดับปัจจัยที่เพิ่มเข้ามาคือระดับปัจจัยที่ค่าอัลฟา (Alpha) หรือ α =$(2^k)^{1/4}$ โดยคิดจากการทดลอง CCD ทดลองที่ 2 ปัจจัย โดยค่า k=2 ดังนั้น α = $2^{2/4}$=1.414 จากนั้นทำการออกแบบการทดลองได้ตารางการทดลอง ดังตารางที่ 3.28

ตารางที่ 3.28 การออกแบบการทดลอง CCD

StdOrder	RunOrder	PtType	Blocks	A	B
3	1	1	1	-1	1
8	2	-1	1	0	1.414214
11	3	0	1	0	0
7	4	-1	1	0	-1.41421
4	5	1	1	1	1
6	6	-1	1	1.414214	0
10	7	0	1	0	0
5	8	-1	1	-1.41421	0
9	9	0	1	0	0
1	10	1	1	-1	-1
2	11	1	1	1	-1
12	12	0	1	0	0
13	13	0	1	0	0

เมื่อ สัญลักษณ์ -1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับต่ำ (Low)

สัญลักษณ์ +1 หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับสูง (High)

สัญลักษณ์ 0 หมายถึง จุดศูนย์กลางของปัจจัย (Center Point)

สัญลักษณ์ +1.414214 หมายถึง จุดที่อยู่เลยระดับของปัจจัยที่มีระดับสูง (Alpha)

สัญลักษณ์ -1.414214 หมายถึง จุดที่อยู่เลยระดับของปัจจัยที่มีระดับต่ำ (Alpha)

จากการวิเคราะห์การทดลองแบบ Central Composite design (CCD) ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab สำหรับการออกแบบการทดลองที่ 2 ปัจจัย รูปแบบของโมเดลที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม (นิวตัน) กับการศึกษาปัจจัยปริมาณเพคติน (A) และปริมาณกรดซิตริก (B) ดังสมการ (Anees, Karnachi et al., 1996)

$$y = \beta + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

(3.10)

เมื่อ y คือ predicted response

β_0 คือ model constant

x_1, x_2, x_3 คือ independent variables

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ คือ Linear coefficients

$\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ คือ Cross product coefficients

$\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}$ คือ Quadratic coefficients

โดยที่ β_i คือ อิทธิพลหลัก และ β_{ij} คือ อันตรกิริยาระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัย

3.4.2 ขนาดตัวอย่าง

ขนาดตัวอย่างแต่ละการทดลองนั้นจากขั้นตอนที่แล้วที่ได้คำนวณจากโปรแกรม Minitab ไปแล้วด้วยตัวแปรตอบสนองเป็นค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างเดียว ดังนั้นจำนวนขนาดตัวอย่างเท่ากับ 11 ขวด และเมื่อคำนวณขนาดตัวอย่างที่ใช้ทั้งหมดในการทดลองนี้จะได้เท่ากับ 143 ขวด (ปัจจัยจำนวน 2 ปัจจัย การทดลองทั้งหมด 13 การทดลอง) ดังตารางที่ 3.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.29 ขนาดตัวอย่างของการทดลอง CCD

ชนิดของการทดลอง	จำนวนการทดลอง(N)	ขนาดตัวอย่าง ต่อ 1 การทดลอง (n)	ขนาดตัวอย่างที่ต้องใช้ทั้งหมด (nxN)
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)	Central Composite design (CCD)	11	143

3.4.3 การกำหนดระดับปัจจัยนำเข้า

จากการทดลองขั้นตอนที่แล้วการกำหนดระดับการทดลองของปัจจัยนำเข้า 2 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (+1) และเพิ่มจุดศูนย์กลาง แต่การทดลองด้วยวิธี CCD จะทำการเพิ่มจุดเข้าไปอีก 2 จุดคือจุด $\pm\alpha$ โดยระดับของแต่ละปัจจัยในการทดลอง ดังตารางที่ 3.30

ตารางที่ 3.30 ปัจจัยและระดับของปัจจัยในการทดลอง CCD

สัญลักษณ์ของปัจจัย	คำอธิบาย	ระดับ (-1.414)	ระดับต่ำ (-1)	จุดศูนย์กลาง	ระดับสูง (+1)	ระดับ (+1.414)
A	ปริมาณเพคติน	13 กรัม	14.32 กรัม	17.5 กรัม	20.68 กรัม	22 กรัม
B	ปริมาณกรดซิตริก	26 กรัม	28.05 กรัม	33 กรัม	37.95 กรัม	40 กรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.4 ผลการทดลอง

หลังจากทดลองตามขั้นตอนการทดลองที่ได้กำหนดไว้ ได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 3.31

ตารางที่ 3.31 การออกแบบและผลการทดลอง

RunOrder	A	B	Hardness(N)
1	-1	1	5.64
2	0	1.414214	5.42
3	0	0	4.18
4	0	-1.41421	2.25
5	1	1	6.16
6	1.414214	0	4.46
7	0	0	4.16
8	-1.41421	0	4.35
9	0	0	4.20
10	-1	-1	2.49
11	1	-1	3.52
12	0	0	4.13
13	0	0	4.17

3.4.5 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

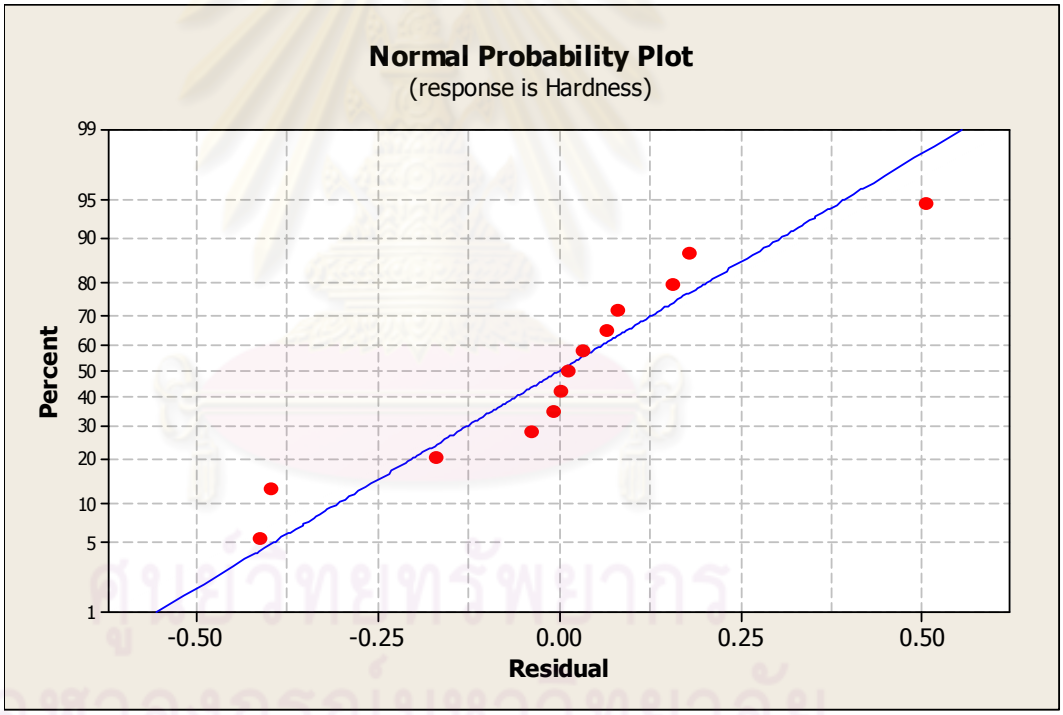
การวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking) ก่อนการวิเคราะห์ผลการทดลอง จากนั้นหากข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ผลเป็นไปตามสมมติฐานที่กำหนดจึงจะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในขั้นตอนต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- **การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง**

ก่อนการวิเคราะห์ผลทดลองนั้น จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยหลักการออกแบบการทดลอง $(0, \sigma^2)$ ด้วยทดสอบตามสมมติฐานเบื้องต้น 3 ข้อ โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ทำการทดสอบตามสมมติฐานเบื้องต้น 3 ข้อ ดังนี้

1. **การทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ**

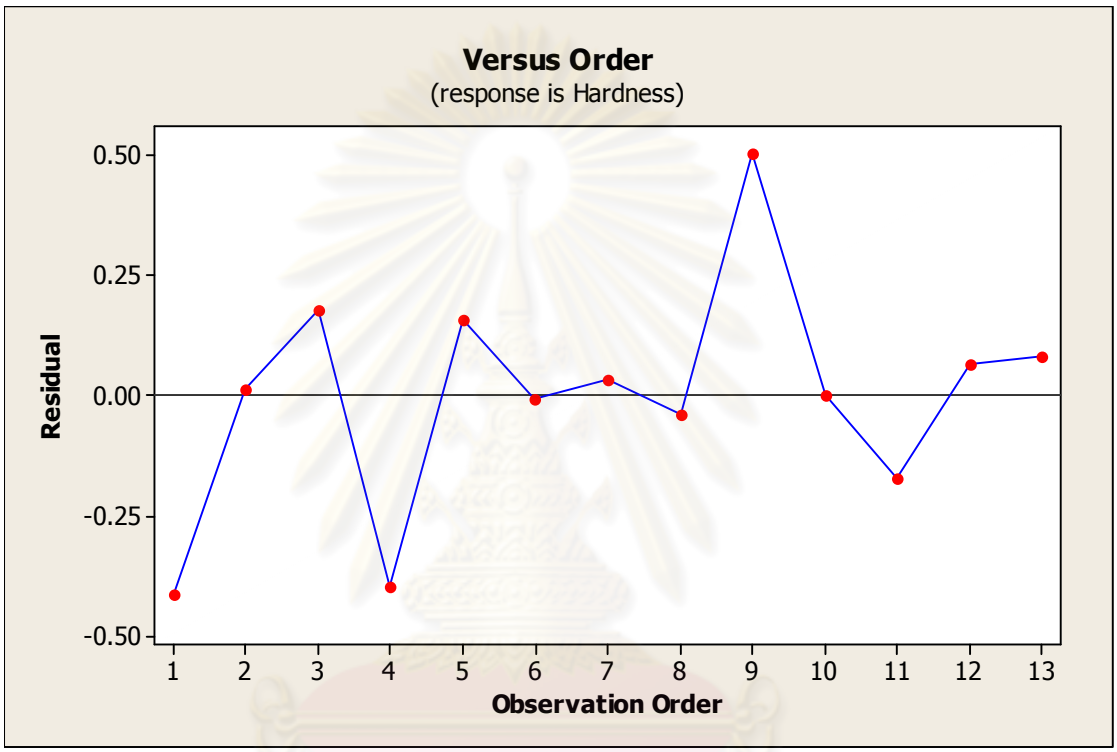
การตรวจสอบความปกติของข้อมูลหรือการทดสอบสมมติฐานของข้อมูลว่ามีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) โดยพิจารณาจากการกระจายของค่าส่วนตกค้าง (Residual) ของค่าตัวแปรตอบสนองหรือค่าความแข็งของแยม โดยจากการทดสอบค่า P-Value จะต้องมากกว่า 0.05 จึงจะถือว่าข้อมูลเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวในลักษณะใกล้เคียงเส้นตรง จึงสรุปได้ว่าข้อมูลที่ทำการทดลองนั้นมีการแจกแจงแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ผลลัพธ์ของการทดสอบสมมติฐานของการแจกแจงปกติ

2. **การทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ** (Independence)

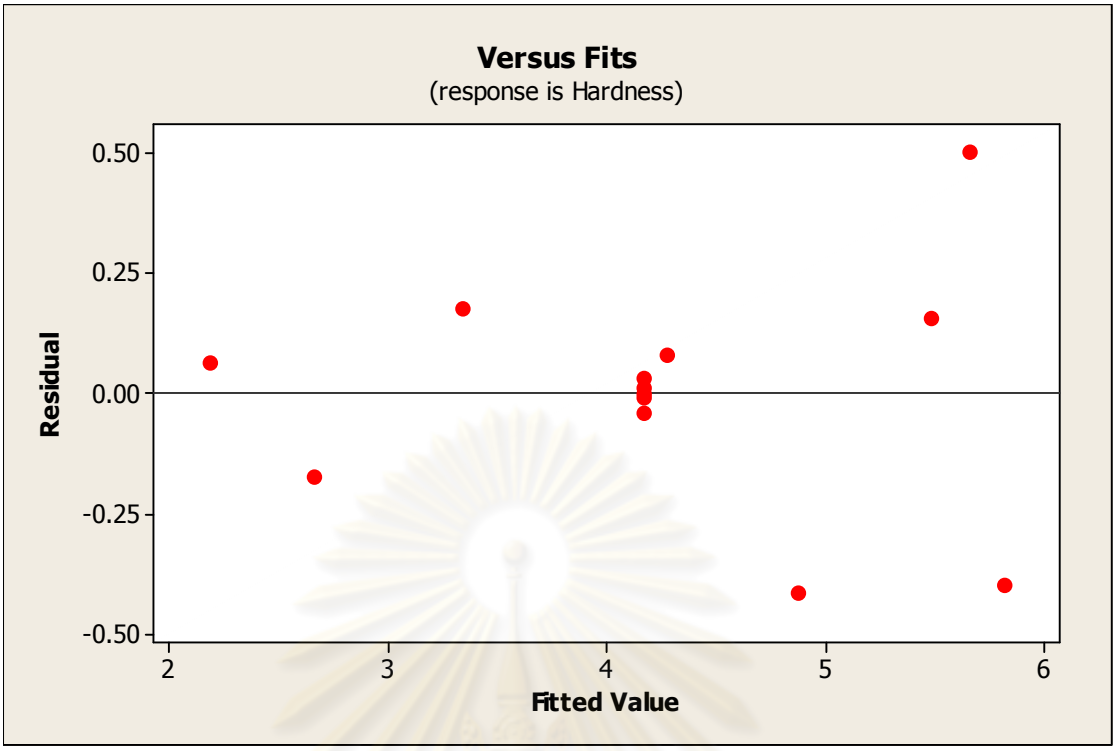
เป็นการทดสอบสมมติฐานของความเป็นอิสระ โดยสามารถตรวจสอบจากการกระจายตัวที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างกับลำดับความต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล โดยการกระจายที่ปกตินั้นจะต้องเป็นการกระจายตัวที่ไม่เป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าความสัมพันธ์นั้นไม่มีแนวโน้มรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังนั้นข้อมูลที่ทำการทดลองมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของการเก็บข้อมูล

3. **ความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน** (Variance Stability)

เป็นการทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน โดยสามารถตรวจสอบจากกระจายตัวข้อมูลความสัมพันธ์หว่างค่าส่วนตกค้างกับค่าตัวแปรตอบสนอง ซึ่งความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนที่ปกติควรจะมีการกระจายตัวแบบไม่มีรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือเป็นแนวโน้ม ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการจะจายตัวของข้อมูลไม่มีรูปแบบตายตัวที่แน่นอน ดังนั้นข้อมูลจึงมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและคาที่ถูกฟิต

จากทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่าการทดสอบทั้ง 3 ข้อ คือ ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลมีความเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และข้อมูลมีความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ซึ่งเป็นไปตามเงื่อนไขของการออกแบบการทดลอง NID $(0, \sigma^2)$ ดังนั้นสรุปได้ว่าผลการวิเคราะห์เชื่อถือได้ และสามารถทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นตอนลำดับต่อไป

- **การวิเคราะห์ผลการทดลองเบื้องต้น**

1. **การเลือกสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้หาจุดเหมาะสมของค่าตอบสนอง**

การวิเคราะห์ผลการทดลองของการทดลองแบบ Central Composite design (CCD) ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งเลือกรูปแบบสมการเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองโดยพิจารณาจาก

1.1 ค่าความมีนัยสำคัญของสมการถดถอย (Regression)

เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้สร้างสมการเส้นตรงหรือเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวหรือมากกว่า ซึ่งประกอบตัวแปรตามหนึ่งตัว (dependent variable) กับตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว (independent variable)

โดยค่าความมีนัยสำคัญของสมการถดถอยเป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าตัวแปรผลตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมกับเซตย่อยของตัวแปรถดถอยถึงความความสัมพันธ์ โดยสร้างเป็นความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการได้ดังนี้

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i \qquad (3.11)$$

โดย

Y_i เป็นค่าของตัวแปรตาม α เป็นค่าของ Y_i เมื่อ X_i เป็นศูนย์ (Y- intercept)

β เป็นค่า Slope ของสมการ, สัมประสิทธิ์การถดถอย(Y- intercept)

εi เป็นค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าจริงกับค่าประมาณ

โดยตั้งสมมติฐานที่เหมาะสมคือ

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3$

$H_1: \beta_i \neq 0$ For at least one i

เมื่อ กำหนดให้ค่า $\alpha = 0.05$

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนถ้ายอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าฟังก์ชั่นการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้น และหากมีการปฏิเสธสมมติฐานหลัก จะทำให้รู้ว่าอย่างน้อยที่สุดตัวแปรถดถอยหนึ่งตัว มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแบบจำลองของสมการทางคณิตศาสตร์

1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square)

ค่า R-Square เป็นค่าที่บอกถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระว่ามีความสัมพันธ์มากน้อยเพียงใด โดยค่า R-Square ที่มีค่ามาก จะบอกถึงความสัมพันธ์ไปทางที่ดี แต่ก็ไม่ได้บอกถึงแบบจำลองที่สร้างขึ้นมานั้นดีเสมอไป เพราะว่าถ้าหากทำการเพิ่มตัวแปรเข้าไปในสมการก็จะส่งผลให้ค่า R-Square เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ไม่ว่าตัวแปรที่ทำการเพิ่มเข้าไปนั้นจะมี

หรือไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสาเหตุอาจมาจากได้สมการทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ดีพอในการพยากรณ์ค่าตอบสนอง

1.3 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square (Adj))

ค่า R-square (Adj) จะบอกอยู่ในเทอมของรูปแบบ Regression ที่เหมาะสม โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจนั้นจะไม่ค่อยเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มจำนวนตัวแปรเข้าไปในแบบจำลอง แต่ถ้าทำการเพิ่มตัวแปรที่ไม่จำเป็นลงในสมการ จะส่งผลให้ค่าของ R-square (Adj) จะมีค่าลดลงเสมอ

1.4 ค่า Lack-of-Fit

ค่า Lack-of-Fit จะเป็นตัวบอกถึงความเพียงพอของตัวแปรในสมการที่ทำการทดสอบ โดยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นจะสามารถสรุปว่าฟังก์ชั่นการถดถอยไม่เป็นเชิงเส้น โดยจะพิจารณาจากค่า P-Value จะน้อยกว่าค่า α

- **การวิเคราะห์ผลการทดลอง**

เมื่อข้อมูลผ่านการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ผลการออกแบบการทดลองเบื้องต้น ด้วยโปรแกรม Minitab ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง ดังรูปที่ 3.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Response Surface Regression: Hardness versus A, B

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Hardness

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4.16800	0.1394	29.895	0.000
A	0.21320	0.1102	1.934	0.094
B	**1.28413**	**0.1102**	**11.650**	**0.000**
A*A	0.20162	0.1182	1.706	0.132
B*B	-0.08338	0.1182	-0.705	0.503
A*B	-0.12750	0.1559	-0.818	0.440

S = 0.311760 PRESS = 4.82326
R-Sq = 95.36% R-Sq(pred) = 67.12% **R-Sq(adj) = 92.05%**

Analysis of Variance for Hardness

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	**5**	**13.9885**	**13.9885**	**2.79771**	**28.78**	**0.000**
Linear	2	13.5556	13.5556	6.77779	69.73	0.000
Square	2	0.3679	0.3679	0.18396	1.89	0.220
Interaction	1	0.0650	0.0650	0.06502	0.67	0.440
Residual Error	7	0.6804	0.6804	0.09719		
Lack-of-Fit	**3**	**0.6777**	**0.6777**	**0.22589**	**337.16**	**0.000**
Pure Error	4	0.0027	0.0027	0.00067		
Total	12	14.6689				

รูปที่ 3.28 ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองด้วยโปรแกรม Minitab

จากรูปที่ 3.28 พบว่าสมการแบบฟูลควอตดราทริก (Full Quadratic) มีค่า R-Square เท่ากับ 95.36% และค่า R-Square (adj) = 92.05% ซึ่งถือเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่น่าพอใจ และเมื่อพิจารณาค่า P-Value ของ Regression ซึ่งน้อยกว่าค่า α จึงทำให้ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ดังนั้นฟังก์ชั่นการถดถอยจึงมีลักษณะเป็นเชิงเส้น โดยที่อย่างน้อยที่สุดตัวแปรถดถอย A, B หนึ่งตัวจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแบบจำลองสมการทางคณิตศาสตร์หรือมีผลต่อตัวแปรตอบสนอง และจากค่า P-Value ของ Lack-of-Fit ซึ่งน้อยกว่าค่า α ด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเทอมของสมการ Full Quadratic อาจจะยังไม่เพียงพอเนื่องจากปัจจัยที่ทำการทดลองไม่มากพอ

จากรูปที่ 3.28 พจน์ของ Fist Order ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม คือ ปริมาณกรดซิตริก (B) ขณะที่ปริมาณเพคติน (A) ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ก็จะมีผลที่ระดับนัยสำคัญ 0.1

ในขณะที่พจน์ของ Second Order ได้แก่ ปริมาณเพคติน (A*A) และปริมาณกรดซิตริก (B*B) และ**พจน์ของอันตรกิริยา** คือ ปริมาณเพคตินกับปริมาณกรดซิตริก (A*B) นั้นไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

ตารางที่ 3.32 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

Term	Coefficient
Constant	4.16800
A	0.213195
B	1.28413
A*A	0.201625
B*B	-0.0833750
A*B	-0.127500

โดยมีแบบจำลองของสมการทางคณิตศาสตร์คือ

$$Y = 4.16800 + 0.213195A + 1.28413B + 0.201625\ A^2 - 0.0833750B^2 - 0.127500AB$$

เมื่อ

Y = ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

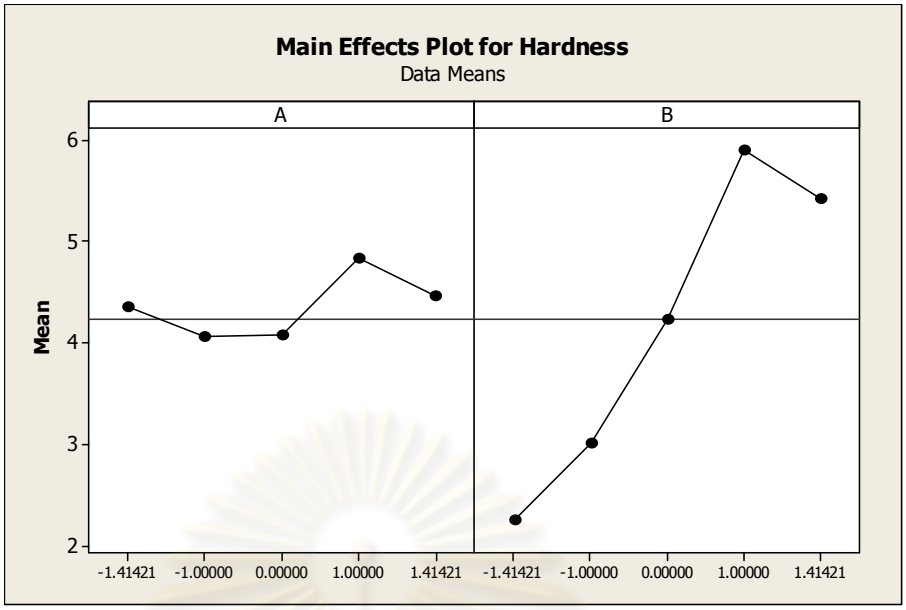
A = ปริมาณเพคติน

B = ปริมาณกรดซิตริก

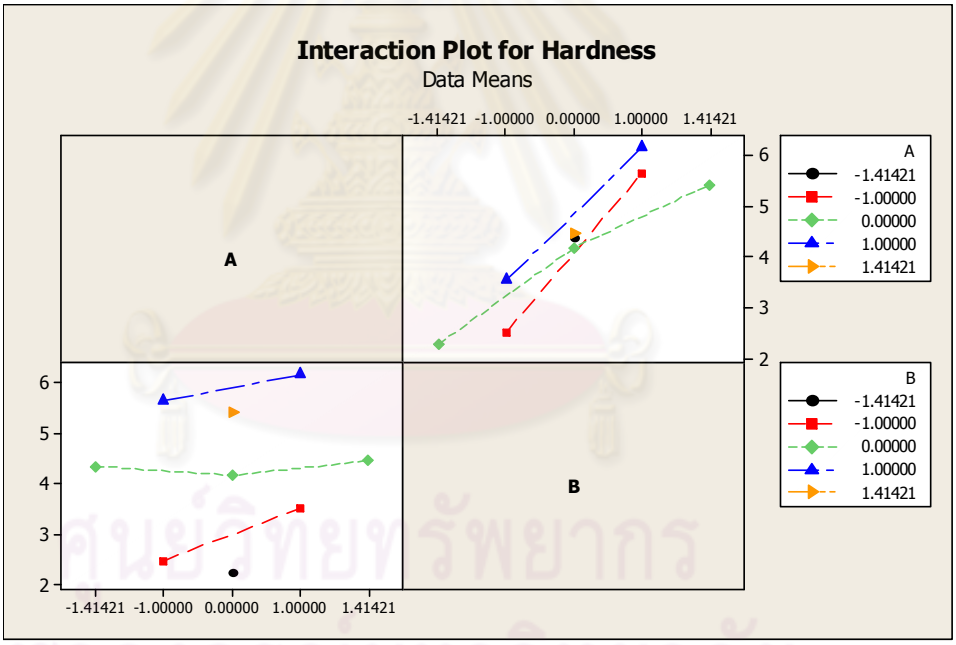
โดยมีข้อจำกัด $13 \leq A \leq 22$, $26 \leq B \leq 40$

จากนั้นยังสามารถแสดงแผนภาพผลของ Main Effect Plot และ Interaction Plot เพื่อแสดงถึงผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง ดังรูปที่ 3.29 และ 3.30 จากนั้นได้ทำการพล็อตกราฟ Contour Plot และ Surface Plot ดังรูปที่ 3.31 และ 3.32

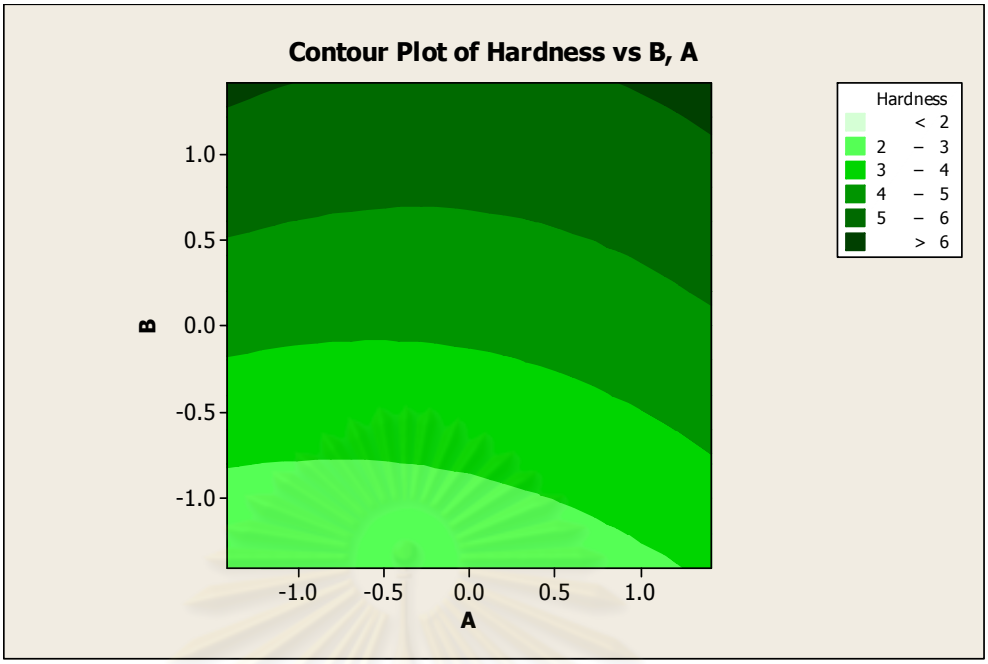
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



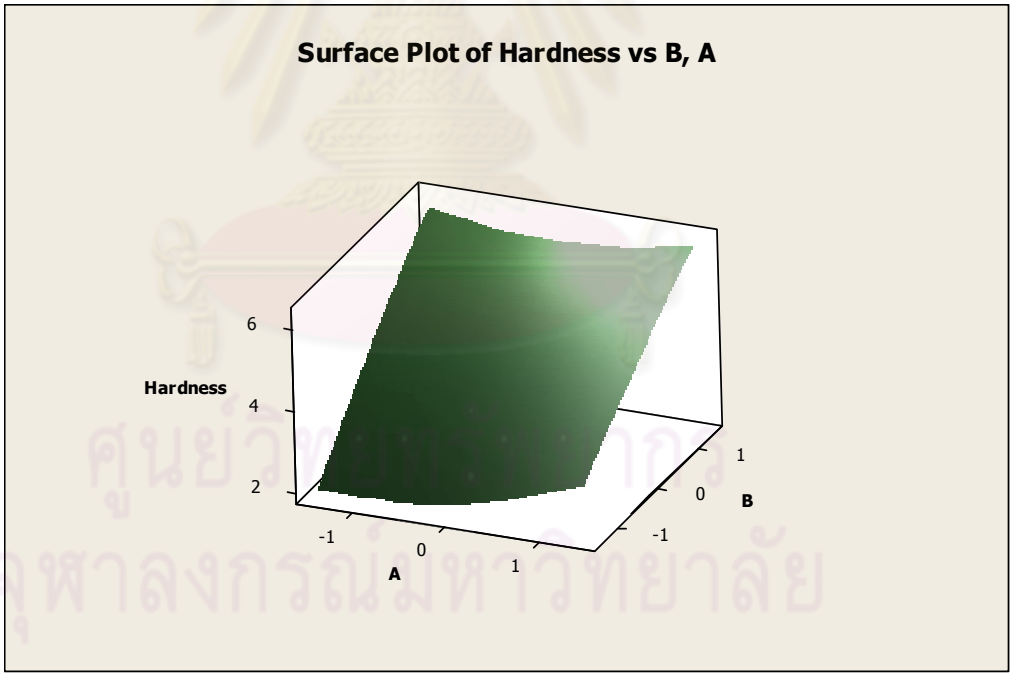
รูปที่ 3.29 ผลของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม



รูปที่ 3.30 ผลของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม



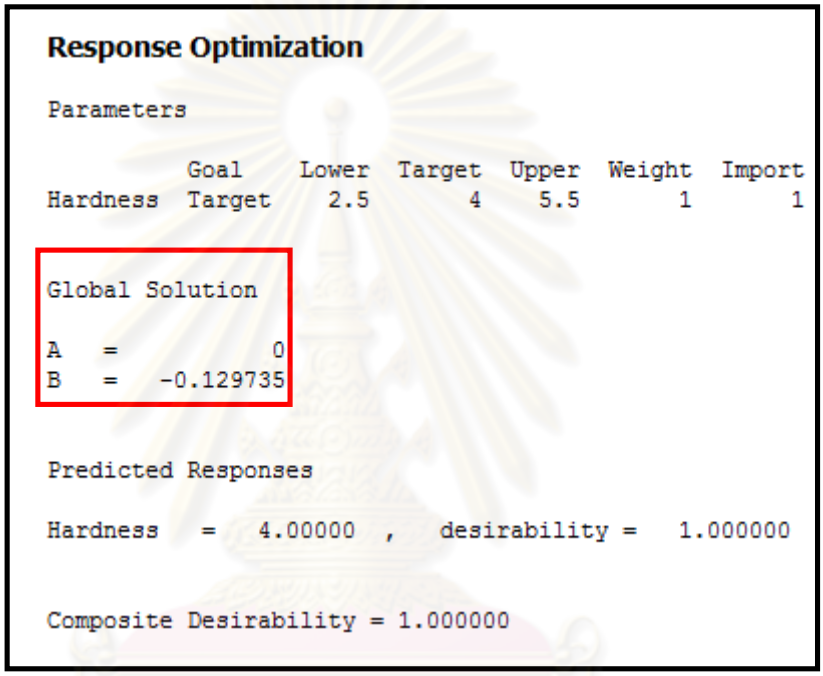
รูปที่ 3.31 กราฟ Contour Plot ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม



รูปที่ 3.32 กราฟ Surface Plot ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม

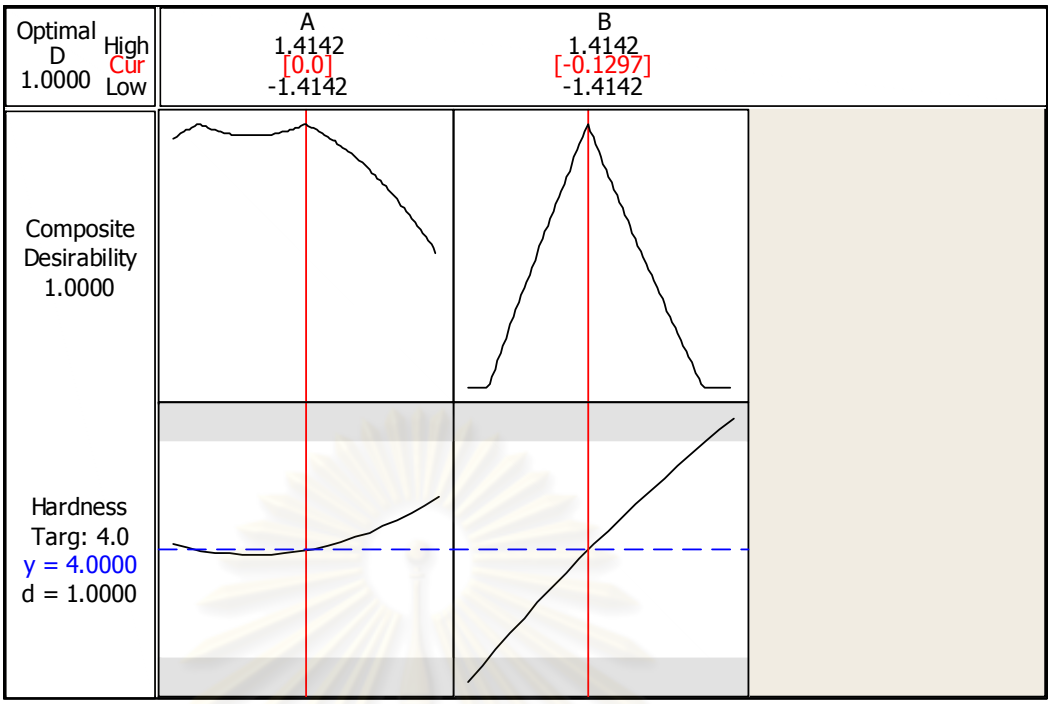
3.4.6 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

จากการใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของปัจจัยหลักทั้ง 2 ปัจจัย ที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยความแข็งแยมตรงตามเป้าหมายขีดจำกัดข้อกำหนด ทำให้ได้กราฟของปัจจัยหลักที่ผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าความแข็งของแยมจากสมการ $4.16800 + 0.213195A + 1.28413B + 0.201625 A^2 - 0.0833750B^2 - 0.127500AB$ โดยมีข้อจำกัด $13 \leq A \leq 22$, $26 \leq B \leq 40$ ดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ผลการออกแบบหารหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.34 กราฟ Optimization Plot การปรับระดับปัจจัยที่เหมาะสม

จากรูปที่ 3.33 และ 3.34 หลังจากได้ปรับค่าระดับปัจจัย โดยกำหนดขีดจำกัดข้อกำหนดที่ด้านต่ำเท่ากับ 2.5 นิวตัน และด้านสูงเท่ากับ 5.5 นิวตัน โดยค่าเป้าหมายกำหนดที่ 4 นิวตัน ก็จะได้ค่าระดับปัจจัยของ A และ B ดังตารางที่ 3.33

ตารางที่ 3.33 ค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยนำเข้า

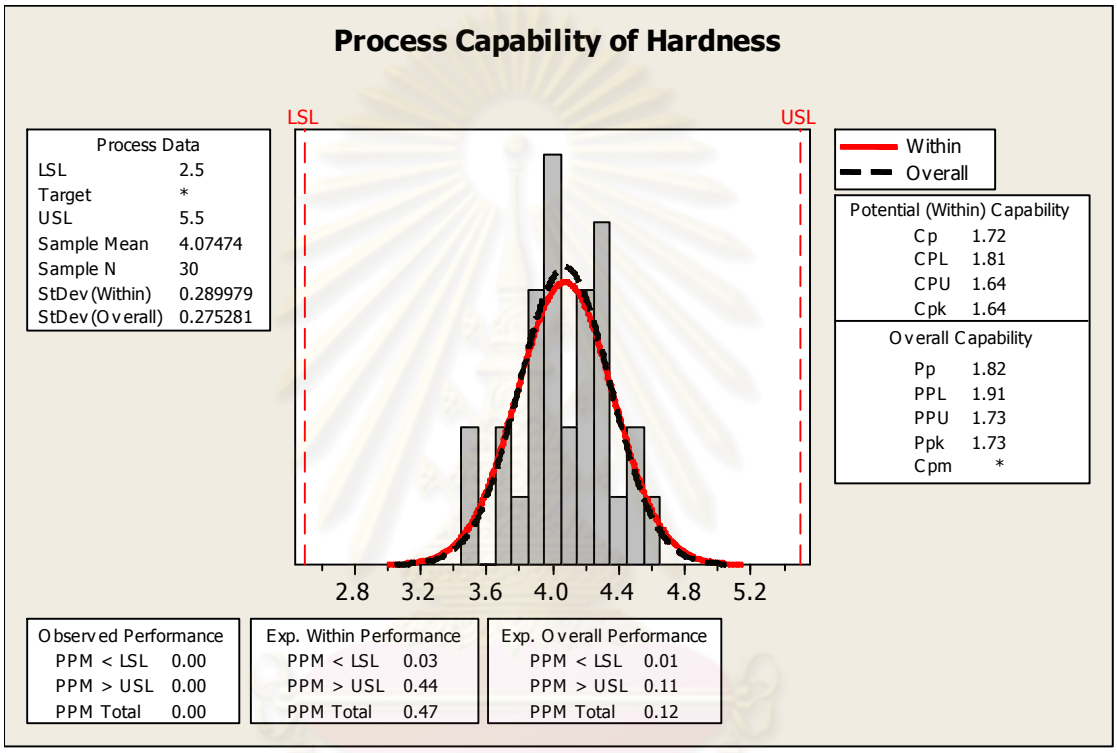
พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าที่เหมาะสม		ค่าที่ปรับจริง
			ระดับปัจจัย	ค่าจริง	
ปริมาณเพคติน	A	กรัม	0	17.5	17.5
ปริมาณกรดซิตริก	B	กรัม	-0.129735	32.4	32.5

จากตารางที่ 3.33 หลังจากที่ทำการปรับหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ค่าเป้าหมายหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ 4 นิวตัน จะทำการแปลงค่าระดับปัจจัยไปเป็นค่าจริง ทำให้ได้ค่าปรับตั้งระดับปัจจัยที่ส่งผลให้ค่าเป้าหมายหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมเท่ากับ 4 นิวตัน ดังนี้

- ปริมาณเพคติน = 17.5 กรัม
- ปริมาณกรดซิตริก = 32.5 กรัม

3.4.7 การทดสอบยืนยันผล

หลังจากได้ค่าระดับที่เหมาะสมของปัจจัยมาแล้ว ขั้นตอนต่อมาก็ทำการยืนยันผลด้วยการทดลองผลิตแยมในห้องทดสอบ แล้วนำการกระจายตัวค่าความแข็งของแยมมาเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด เพื่อพิจารณาดูค่าความสามารถของกระบวนการ C_p , C_{pk} โดยทำการวัดค่าความแข็งของแยมจากระดับปัจจัยที่เหมาะสมจำนวน 30 ขวดเพื่อนำค่า C_{pk} มาทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่างสำหรับยืนยันผลการทดลองในสายการผลิตจริงต่อไป ดังรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 กราฟการกระจายตัวของความแข็งของแยมที่ระดับปัจจัยที่เหมาะสมเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด

จากรูปที่ 3.35 จากกราฟจะเห็นว่าการกระจายตัวของความแข็งของแยมมีค่า C_p เท่ากับ 1.72 และค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 1.64 การกระจายตัวความแข็งของแยมพบว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งของแยมนั้นอยู่ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนดด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 4.07 นิวตัน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 นิวตัน

จากนั้นทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่างเพื่อทดลองยืนยันผลในสายการผลิตจริง จากสมการที่ 3.9

โดย

C_{pk} คือความสามารถของกระบวนการที่ระดับปัจจัยที่เหมาะสมเท่ากับ 1.64

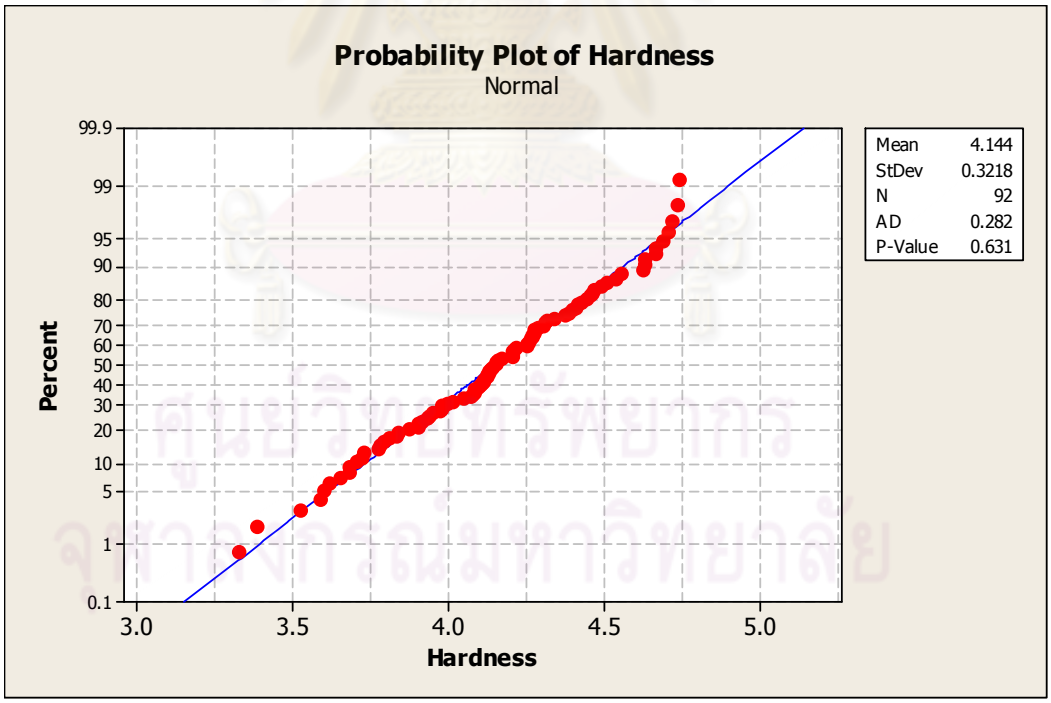
$Z_{\alpha/2}$ กำหนดค่าระดับนัยสำคัญที่ 5% เมื่อเปิดตาราง Z ได้ค่าเท่ากับ 1.96

e_{ppk} คือระดับเปอร์เซ็นต์ผิดพลาดที่ยอมรับได้กำหนดเป็น 15% หรือ 0.15

แทนค่าในสมการได้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ

$$n \geq \left(\frac{1}{9\times(1.64)^2}+\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1.96}{0.15}\right)^2 \approx 92 \text{ ตัวอย่าง}$$

จากขนาดตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณที่ 92 ตัวอย่าง ก็จะทำการทดสอบบนสายการผลิตจริงด้วยระดับปัจจัยที่เหมาะสม ด้วยการสุ่มแยมจากสายการผลิตจริงมา 92 ขวด/แบช และนำผลที่ได้มาทำการทดสอบการกระจายแบบปกติ ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 กราฟการทดสอบการกระจายตัวแบบปกติ

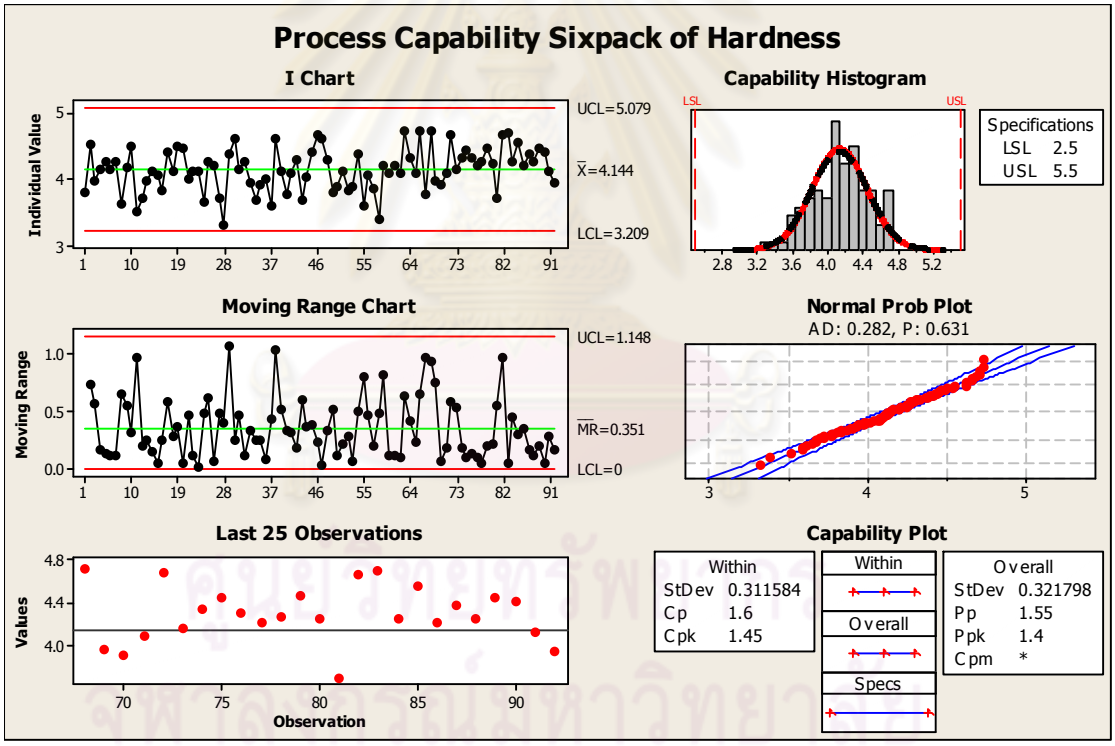
จากรูปที่ 3.36 ทำการทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูลทั้ง 92 ตัวอย่างด้วยสมมติฐาน

H_0: ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ

H_1: ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.631 ซึ่งถือว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

จากนั้นทำการทดสอบ I-MR Chart โดยเป็นการพิจารณานั้นต้องพิจารณาค่าทุกค่า โดยทำการพิจารณาที่ค่า Moving Range ทีละค่าเพื่อพิจารณาดูความแตกต่างของค่าเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทีละตัว จากนั้นทำการพิจารณาที่ I-Chart ต่อไป โดยถ้าข้อมูลตัวใด Out Control ก็ทำการตัดข้อมูลนั้นทิ้งและทำการพิจารณาใหม่ โดยทำการพล็อต Capability Sixpack เพื่อพิจารณาค่า C_p และ C_{pk} ดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 กราฟ Process Capability Sixpack ของค่าความแข็งของแยม

จากรูปที่ 3.37 พบว่าค่า C_p เท่ากับ 1.6 และค่า C_{pk} เท่ากับ 1.45 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และเมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของความแข็งของ

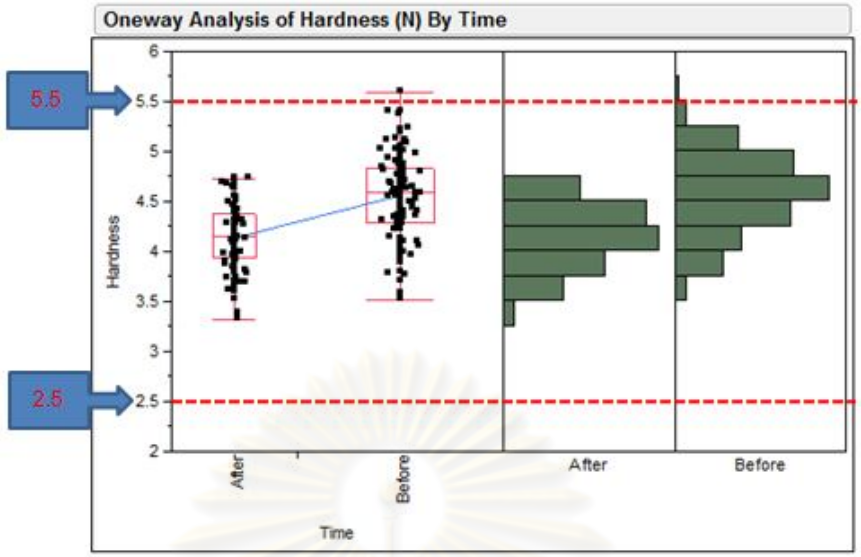
แยมพบว่าค่าเฉลี่ยของความแข็งของแยมนั้นอยู่ใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายและอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนดด้วยค่าเฉลี่ยประมาณ 4.144 นิวตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.3218 นิวตัน

จากนั้นทำการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการและจำนวนเปอร์เซ็นต์ใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมก่อนและหลังปรับปรุง โดยข้อมูลค่าความแข็งของแยมที่ทำการสุ่มก่อนหน้าการปรับปรุง 150 ขวด อยู่ในช่วงเดือน ก.ย. ปี 2553 ถึงเดือน ก.พ. ปี 2554 ซึ่งเป็นช่วงก่อนการปรับปรุงที่ใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมเป็น 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมด มาเปรียบเทียบกับช่วงหลังการปรับปรุงเสร็จที่เดือน มี.ค. ปี 2554 ซึ่งมีจำนวนใบร้องเรียนลดลงเหลือ 0% โดยทำข้อมูลแยม 92 ขวด จากที่ได้ยืนยันผลมาทำการเปรียบเทียบ ได้ผลดังตารางที่ 3.34 และรูปที่ 3.38

ตารางที่ 3.34 เปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ
และเปอร์เซ็นต์ใบร้องเรียนของก่อนและหลังปรับปรุง

ระยะการปรับปรุง	ช่วงเวลา เดือน/ปี	ค่าเฉลี่ยความแข็งของแยม (นิวตัน)		ความสามารถของกระบวนการ		จำนวนใบร้องเรียน
		ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	C_p	C_{pk}	
ก่อนการปรับปรุง	ก.ย. – ก.พ. ปี 2554	4.55	0.39	1.39	0.88	100%
หลังการปรับปรุง	มี.ค. ปี 2554	4.14	0.32	1.6	1.45	0%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Mean and Std Deviations

Level	Number	Mean	Std Dev	Std Err Mean	Lower 95%	Upper 95%
After	92	4.14391	0.321555	0.03352	4.0773	4.2105
Before	150	4.55361	0.392755	0.03207	4.4902	4.617

รูปที่ 3.38 กราฟการกระจายตัวเปรียบเทียบค่าความแข็งของแยมของก่อนและหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 3.33 ผลก่อนการปรับปรุงจากข้อมูลที่เคยสุ่มแยมมาวัดค่าความแข็งของแยม 150 ขวด พบค่าความสามารถของกระบวนการ C_p เท่ากับ 1.39 และค่า C_{pk} เท่ากับ 0.88 ซึ่งส่งผลให้มีจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมคิดเป็น 100% ของใบร้องเรียนทั้งหมด แต่เมื่อทำการปรับปรุงจากการสุ่มแยมมา 92 ขวด พบว่าค่า C_p เท่ากับ 1.6 และค่า C_{pk} เท่ากับ 1.45 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้คือที่ 1.33 และส่งผลให้จำนวนใบร้องเรื่องการปาดยากของแยมลดลงเหลือ 0% ดังนั้นจึงสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่ายิ่งถ้าค่าความสามารถของกระบวนการ C_p และ C_{pk} มากขึ้นก็จะส่งผลให้จำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมลดลงตามไปด้วย

3.4.8 สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบการทดลองเพิ่มจากการออกแบบการทดลองในขั้นตอนก่อนหน้า โดยทำการทดลองที่ 2 ปัจจัย จึงเลือกใช้วิธี Central Composite design (CCD) เพราะเป็นวิธีที่ทำการศึกษาตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป คือปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก โดยหลังจากทำการทดลองไปแล้ว จึงได้ผลเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าทำนายของตัวแปรตอบสนองจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าทั้ง 2 ปัจจัย โดยการคำนวณปรับค่าระดับของปัจจัยเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 4 นิวตัน โดยค่าจริงของปัจจัยคือ ปริมาณเพคตินที่ 17.5 กรัม และปริมาณกรดซิตริกที่ 32.5 กรัม หลังจากนั้นนำค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลองเพิ่มเติมอีก 92 ขวด บนสายการผลิตจริงเพื่อยืนยันผลของระดับปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ได้ประมาณ 4.144 นิวตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3218 นิวตัน โดยค่า C_p เท่ากับ 1.6 และค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 1.45 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 และจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง 100% แต่หลังจากปรับปรุงลดลงเหลือ 0%

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 ระยะติดตามควบคุม (Control Phase)

ระยะติดควบคุมนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายหลังจากปรับปรุงค่าความแข็งของแยมได้ตามเป้าหมายที่ต้องการแล้ว จะทำการควบคุมกระบวนการให้ดี สามารถตรวจจับเจอความผิดปกติได้อย่างรวดเร็ว โดยจะทำการพิจารณาไปที่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบเพราะเป็นขั้นตอนที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมเพื่อควบคุมให้ตรงตามเป้าหมายและอยู่ในขีดจำกัดข้อกำหนด ดังนั้นจึงทำการรักษาระดับคุณภาพหลังการปรับปรุง (Control Phase) ดังนี้

3.5.1 **จัดทำมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน** (Standard Operation Procedure)

1. **จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ**

เนื่องจากปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าความแข็งของแยมคือ ปริมาณเพคตินและปริมาณกรดซิตริก ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยอยู่ในกระบวนการผสมวัตถุดิบ ดังนั้นจึงจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานในขั้นตอนนี้เพื่อควบคุมไม่ให้พนักงานผสมปริมาณของเพคตินหรือกรดซิตริกผิดจากมาตรฐานที่กำหนด โดยจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ

จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ โดยมีส่วนประกอบดังนี้

1. **วัตถุประสงค์** (Objectives)

เพื่อเข้าใจในการผสมวัตถุดิบและเป็นมาตรฐานทุกครั้งของการเตรียมและผสมวัตถุดิบ

2. **ขอบเขต** (Scope)

ระเบียบการปฏิบัตินี้ครอบคลุมถึงขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบและผสมวัตถุดิบจนออกมาเป็นเนื้อแยมที่รอการบรรจุ

3. **คำจำกัดความ** (Definition)

- พนักงาน QC คือ พนักงานฝ่าย Quality Control หรือฝ่ายควบคุมคุณภาพ
- พนักงาน QA คือ พนักงานฝ่าย Quality Assurance หรือฝ่ายประกันคุณภาพ

4. **หน้าที่ความรับผิดชอบ** (Responsibility)

- พนักงานผสมวัตถุดิบ จะมีพนักงาน 2 คน ช่วยกันจัดเตรียมวัตถุดิบ รวมไปถึงการผสมวัตถุดิบให้ตรงตามสูตรของทางโรงงาน

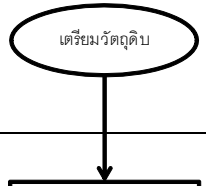
- พนักงาน QC มีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบด้วยเกณฑ์พารามิเตอร์ต่างๆที่ทำการผสม
- พนักงาน QA มีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ประกันคุณภาพของแยม โดยการตรวจสอบเนื้อแยมว่ามีการเซ็ตตัวอย่างไรเพื่อให้เกิดความมั่นใจและรับรองได้ว่าผลลัพธ์จากการดำเนินงานบรรลุเป้าหมายและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

5. **ขั้นตอนการปฏิบัติ**

โดยคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม ดังตารางที่ 3.35

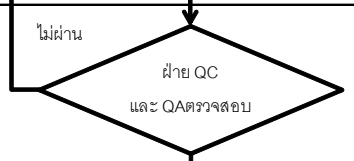
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.35 คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	ระยะเวลา/แบช	ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ
1		จัดเตรียมวัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้สำหรับการผสม	วัตถุดิบ ประกอบด้วย 1. เพคตินและกรดซิตริก 2. เนื้อผลไม้ในน้ำเชื่อม 3. น้ำตาลและกลูโคส 4. ระยะเวลาในการผสมเพคตินกับน้ำร้อน	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบวัตถุดิบ
2		ตวงปริมาณเพคตินตามสูตรของโรงงานผสมกับน้ำร้อน	ปัจจัยที่ควบคุม คือ 1. ปริมาณเพคตินตวงตามสูตร 2. ปริมาณน้ำ ร้อนสำหรับผสมเพคติน 3. อุณหภูมิน้ำร้อนคงที่เสมอ 4. ระยะเวลาในการผสมเพคตินกับน้ำร้อน	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
3		ผสมน้ำตาล กลูโคส เนื้อผลไม้ในน้ำเชื่อม และเพคตินผสมน้ำร้อน ในหม้อคน	ระยะเวลาในการผสม	9.45 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.35**(ต่อ)** คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	มาตรฐานคุณภาพงาน	ระยะเวลา/แบช	ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ
4		หลังจากผสมวัตถุดิบที่หม้อคนเสร็จแล้วก็จะลำเลียงมาที่หม้อต้มเพื่อต้มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียล	ระยะเวลาในการผสม	8 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
5		ตวงปริมาณกรดซิตริกตามสูตรของโรงงานผสมกับน้ำร้อน	ปัจจัยที่ควบคุม คือ 1. ปริมาณกรดซิตริกตวงตามสูตร 2. ปริมาณน้ำร้อนสำหรับผสมกรดซิตริก 3. อุณหภูมิน้ำร้อนคงที่เสมอ 4. ระยะเวลาในการผสมรดซิตริกกับน้ำร้อน	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
6		ผสมกรดซิตริกลงไปหม้อต้มเพื่อผสม	ระยะเวลาในการผสม	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
7		ฝ่าย QC ตรวจสอบค่าบริกซ์	ค่าบริกซ์ 63-65 องศา	0.45 นาที	พนักงานฝ่าย QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม
		ฝ่าย QA ตรวจสอบการเซ็ตตัวของแยม	ไม่มีเป็นน้ำเหลวใส	7 นาที	พนักงานฝ่าย QA	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม
8		ลำเลียงแยมไปถังพักรอบรรจุ	ระยะเวลาในการลำเลียง	1 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **การควบคุมด้วยการมองเห็น** (Visual Control)

ทำการควบคุมในกระบวนการผสมวัตถุดิบของแยม โดยอาศัยหลักการ Visual Control 2 ข้อ คือการป้องกันการผสมเพคตินและกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามสูตรที่กำหนด ด้วยการผสมปริมาณน้ำร้อน อุณหภูมิน้ำร้อน และระยะเวลาในการผสมให้ถูกต้องตามสูตร เนื่องจากขั้นตอนการผสมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ส่งผลต่อค่าความแข็งของแยมโดยตรง โดยได้ทำตาราง Visual Control ดังนี้

ตารางที่ 3.36 การป้องกันการผสมเพคตินไม่ได้ปริมาณตามมาตรฐาน

การผสมเพคตินไม่ได้ปริมาณตามสูตรที่กำหนด	
• **ก่อนการปรับปรุง** พนักงานจะตวงปริมาณเพคตินโดยประมาณด้วยสายตาโดยอาศัยจากความคุ้นเคยและความเคยชินกับปริมาณของเพคตินที่ทำการผลิตจนบางครั้งไม่ได้ตวงด้วยตราชั่ง Validate	• **หลังการปรับปรุง** ทำเอกสารแปะหน้าเครื่องบอกถึงจุดประสงค์ของการที่ต้องตวงด้วยตราชั่ง Validate ทุกครั้ง และผลกระทบของการที่ปริมาณเพคตินไม่ได้มาตรฐานจากสูตรของโรงงาน โดยทำการอบรมพนักงานทุกครั้งก่อนการผลิตให้ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ทำเครื่องหมายกำหนดบนอุปกรณ์ตราชั่งสำหรับตวงปริมาณเพคตินและน้ำร้อนเพื่อป้องกันพนักงานตวงปริมาณผิดพลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.37 การป้องกันการผสมกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามมาตรฐาน

การผสมปริมาณกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามสูตรที่กำหนด	
• **ก่อนการปรับปรุง**	• **หลังการปรับปรุง**
พนักงานจะตวงปริมาณกรดซิตริก ผสมเข้ากับปริมาณน้ำร้อน และผสมเข้าด้วยกันด้วยระยะเวลาหนึ่ง โดยจะอาศัยการตรวจด้วยสายตาพิจารณาจากกรดซิตริกที่ผสมกับน้ำร้อนจนกว่าจะเป็นสีเนื้อเดียวกัน	ทำเอกสารแปะหน้าเครื่องบอกถึงจุดประสงค์ของการที่ต้องตวงด้วยตราชั่ง Validate ทุกครั้ง และผลกระทบของการที่ปริมาณกรดซิตริกไม่ได้มาตรฐานจากสูตรของโรงงาน ทำเครื่องหมายกำหนดบนอุปกรณ์ตราชั่งสำหรับตวงปริมาณกรดซิตริกและน้ำร้อนเพื่อป้องกันพนักงานตวงปริมาณผิดพลาด

3. **การตรวจจับปัญหา** (Detection)

ในการตรวจจับปัญหานั้น เป็นการตรวจจับความผิดปกติที่กำลังจะเกิดขึ้นภายในสายการผลิต ซึ่งเครื่องมือในการตรวจจับปัญหาที่ดีนั้น ควรที่จะสามารถแสดงให้เห็นถึงสัญญาณที่กำลังจะเกิดปัญหา ได้ก่อนที่จะเกิดปัญหาขึ้น ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากคือแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยทำให้ทราบสภาพของกระบวนการผลิตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร

ดังนั้นจึงทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างของการสุ่มแยมมาวัดโดยคิดจากสมการ (Montgomery, 2001)

$$n = \left[\frac{(Z_{1-\frac{\alpha}{2}} + Z_{\beta})\sigma}{\delta} \right]^2 \quad (3.12)$$

โดย

$Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ กำหนดค่าระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 เปิดตาราง $Z_{0.999865}$ เท่ากับ 3.02

Z_{β} กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of Test) เท่ากับ 0.8 ดังนั้นเปิดตาราง $Z_{(1-0.8)}$ เท่ากับ 0.842

δ ความต่างของค่าเฉลี่ยที่ต้องการตรวจจับ โดยกำหนดเป็น 1 เท่าของค่า σ ดังนั้น ค่า $\frac{\sigma}{\delta}$ เท่ากับ 1

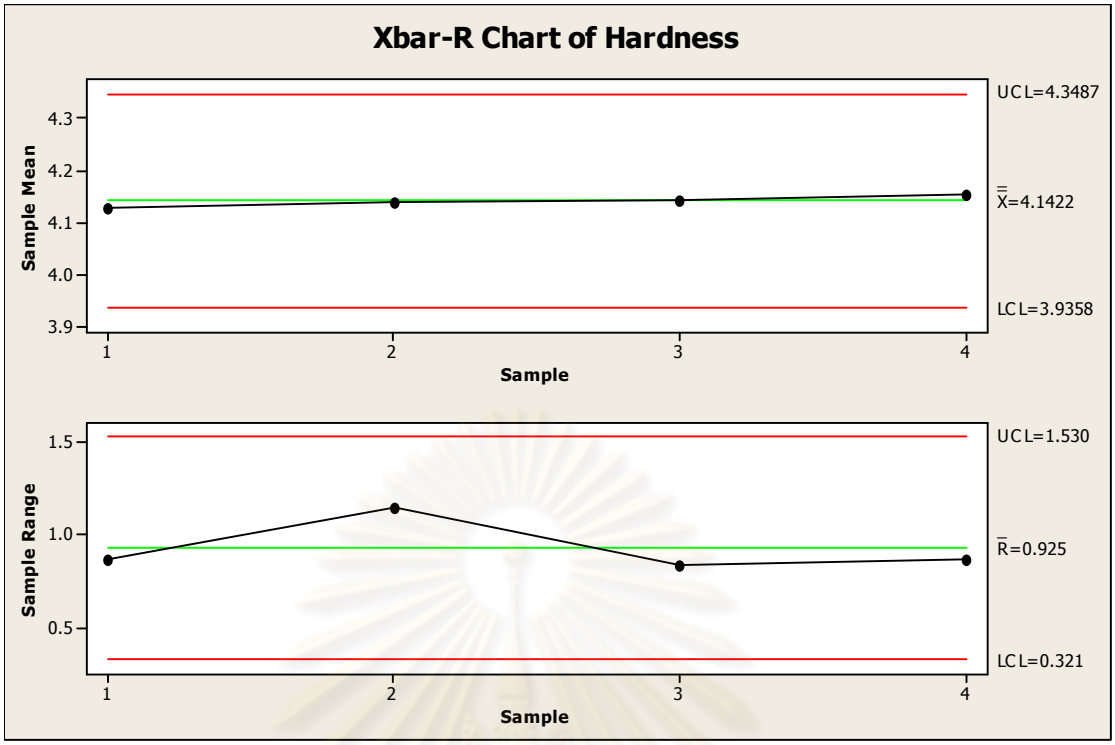
แทนค่าในสมการที่ (3.12) เท่ากับ

$$n = [3.02 + 0.842]^2 \approx 15 \text{ ตัวอย่าง}$$

เมื่อได้ขนาดตัวอย่างที่ 15 ตัวอย่าง จึงทำการควบคุมกระบวนการของค่าความแข็งของแยมด้วย Control Chart ประเภท $\overline{X}$ and R chart (Ashton, Furst et al., 2004) ขนาดกลุ่มตัวอย่างย่อย (Subgroup) เท่ากับ 15 ตัวอย่าง โดยจะทำการสุ่มขนาดตัวอย่างเพื่อนำมาพล็อตใน Control Chart ทุกแบช โดยจะสุ่มครอบคลุมทุกช่วงของแยมคือ ช่วงต้นแบช กลางแบช และปลายแบช ให้ได้กลุ่มตัวอย่างย่อยรวม 15 ขวด/แบช โดย $\overline{X}$ and R chart จะใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยและระดับความผันแปรของค่าความแข็งของแยมที่วัดได้จากเครื่อง Texture Analyze โดยมีหลักการหน้าที่ตรวจจับความผิดปกติ

ทำการวิเคราะห์กระบวนการด้วย $\overline{X}$ and R chart โดยจากการวิเคราะห์เบื้องต้นของอาการผิดปกติประเภทต่างๆ จากกฎของการควบคุมกระบวนการโดยหลักสถิติ (Statistical Process Control, SPC) ทั้ง 8 ข้อ โดย (AT&T, 1984) ได้ทำการควบคุมความแข็งของแยมในช่วงเดือน เม.ย. ปี 2554 จำนวน 4 แบช แบชละ 15 ขวด ดังรูปที่ 3.39

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

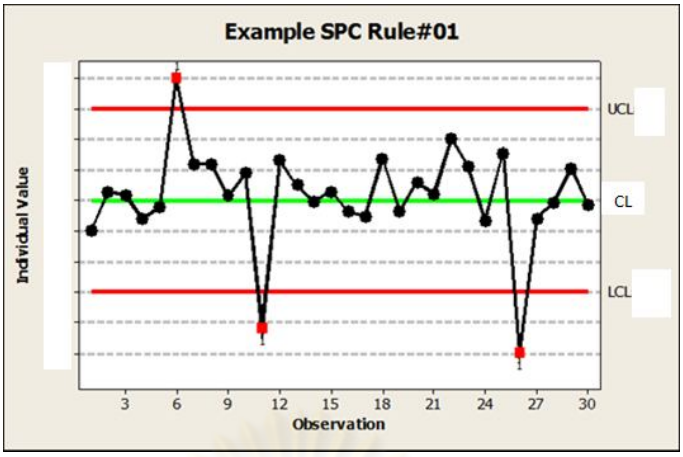


รูปที่ 3.39 การควบคุมของ $\overline{X}$ and R chart ค่าความแข็งของแยม

จากรูปที่ 3.39 ทำการควบคุมติดตามค่าความแข็งของแยมในเดือน เม.ย. ปี 2554 จำนวน 4 แบช ขนาดตัวอย่างย่อยแบชละ 15 ตัวอย่าง ซึ่งจากการควบคุมด้วยหลักสถิติ SPC ทั้ง 8 ข้อ ถือว่ากระบวนการค่าความแข็งของแยมปกติ ไม่มีความผิดปกติตามกฎของหลักสถิติ SPC ทั้ง 8 ข้อ

จากนั้นแสดงถึงตัวอย่างสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดความผิดปกติเพื่อใช้เป็นมาตรฐานของทางโรงงานในควบคุมความผิดปกติของกระบวนการความแข็งของแยมกับแผนควบคุม $\overline{X}$ and R chart ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



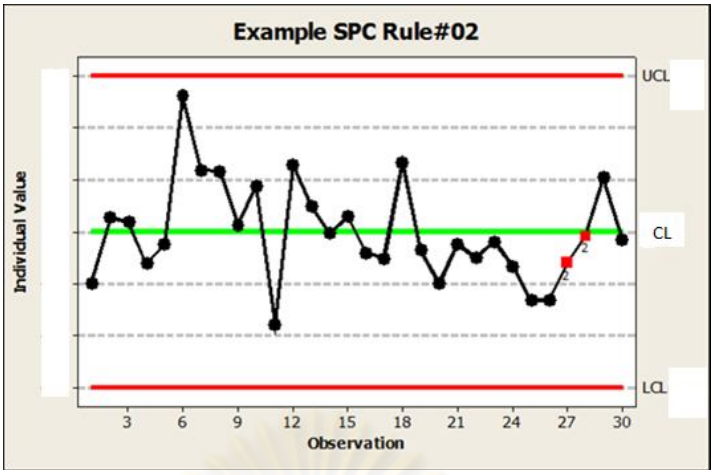
รูปที่ 3.40 กฎข้อที่1 ข้อมูล 1 จุดเกิน 3 Sigma

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. ตั้งเครื่องผิดพลาด 2. ความผิดพลาดในการวัด 3. ความผิดพลาดในการพล็อต 4. ข้อมูลได้มาจากสเกลที่มิใช่เชิงเส้นตรง (เช่น log) 5. การปฏิบัติงานไม่สมบูรณ์ 6. การละเว้นการปฏิบัติงาน 7. อุปกรณ์มีการขัดข้อง 8. การเกิดอุบัติเหตุ	1. การปฏิบัติงานไม่สมบูรณ์ 2. การละเว้นการปฏิบัติงาน 3. การขัดข้องของอุปกรณ์ 4. ชิ้นงานที่ใช้ทดลองติดตั้ง (set-up part) 5. ความผิดพลาดในการวัด 6. ความผิดพลาดในการพล็อต 7. มีอุบัติเหตุในขณะขนถ่าย (handing)

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแยมที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. การผสมปริมาณกรดซิตริกหรือเพคตินที่มากหรือน้อยเกินไป 2. ความผิดพลาดในการพล็อตค่า 3. เกิดความผิดพลาดของการผสมวัตถุดิบหรือเครื่องจักรชำรุด 4. การผสมวัตถุดิบทั้งหมดผิดจากจากสูตรของโรงงาน	1. ความผิดพลาดในการพล็อตค่า 2. เกิดความแปรปรวนในกลุ่มตัวอย่างย่อย เช่น ข้อมูลบางค่ามีความผิดพลาดจากการวัด



รูปที่ 3.41 กฎข้อที่ 2 ข้อมูล 9 จุดอยู่ด้านเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

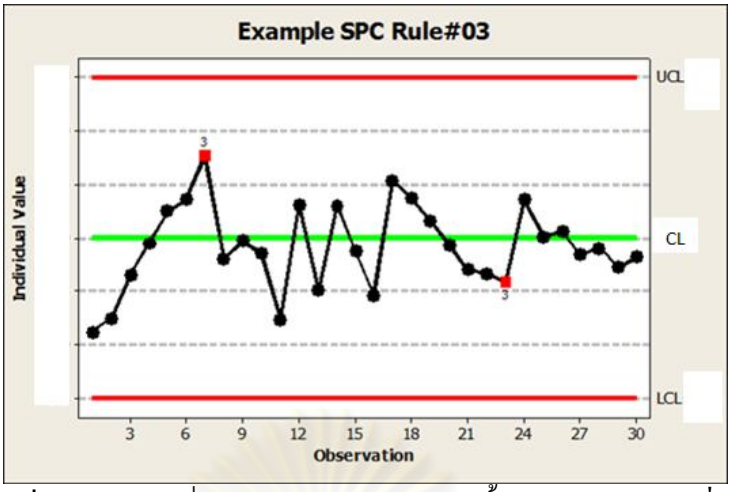
- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีความแตกต่างอย่างคงที่ในวัตถุดิบและพนักงาน ฯลฯ 2. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด 4. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต	1. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 2. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแยมที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม 2. มีการเจือปนของวัตถุดิบต่างชนิดกันในกระบวนการผลิต	1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.42 กฎข้อที่ 3 ข้อมูล 6 จุดมีแนวโน้มขึ้นหรือลงอย่างต่อเนื่อง

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

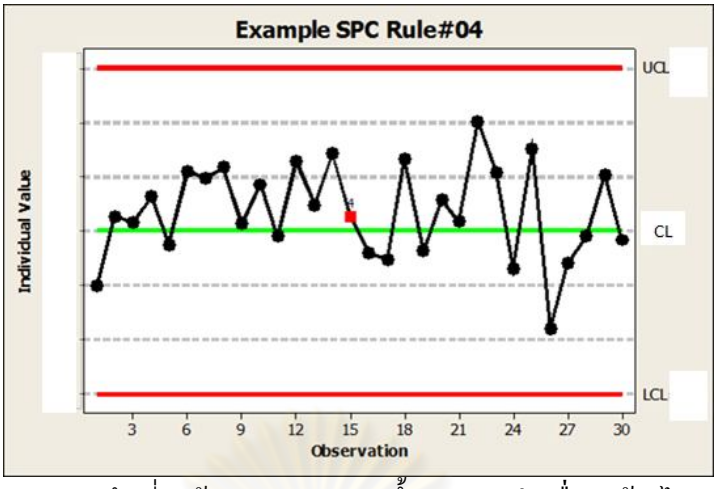
แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. การสึกหรอของเครื่องมือ 2. การสึกหรอของเกลียวของอุปกรณ์การวัด จับยึด 3. การเสื่อมสภาพของน้ำยาที่ใช้ในการชุบหรือเคลือบ 4. การบำรุงรักษาที่ไม่เพียงพอ 5. ผลจากฤดูกาล ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ 6. ความล้าของพนักงาน 7. ความตั้งใจของบุคลากร 8. การเพิ่มขึ้นหรือลดลงในกำหนดการผลิต 9. การเปลี่ยนแปลงทีละน้อยๆของมาตรฐาน 10. การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของล็อต 11. การสะสมของคราบสกปรกน้ำยาอื่นๆ 12. การหมดอายุของจาระบี	**แนวโน้มที่เพิ่มขึ้น** 1. มีการหลวมหรือสึกหรอของอุปกรณ์ทีละน้อยๆ 2. มีดตัดทื่อ 3. การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนในล็อต **แนวโน้มที่ลดลง** 1. การปรับปรุงทีละน้อยในเทคนิคการทำงานของพนักงาน 2. ผลจากโปรแกรมการบำรุงรักษาที่ดีขึ้น 3. ผลจากโปรแกรมการควบคุมกระบวนการ 4. ผลิตภัณฑ์มีความผันแปรลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. สภาพอากาศในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม 2. มีการเปลี่ยนแปลงสูตรการผสมวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป 3. มีการนำวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้ในกระบวนการผลิต 4. อาการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรที่กระบวนการผลิตหรือไม่ได้ทำการบำรุงรักษาดีพอ	**แนวโน้มที่เพิ่มขึ้น** 1. มีการผสมปริมาณกรดซิตริกที่มากเกินไปอย่างค่อยๆเพิ่มอย่างต่อเนื่อง 2. มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตอย่างค่อยเป็นค่อยไป 3. มีการนำวัตถุดิบที่ไม่ได้คุณภาพมาใช้ในกระบวนการผลิต **แนวโน้มที่ลดลง** 1. มีการปรับปรุงวัตถุดิบ เครื่องมือ เทคนิคของพนักงานอย่างต่อเนื่อง หรือความผันแปรของผลิตภัณฑ์มีความผันแปรลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



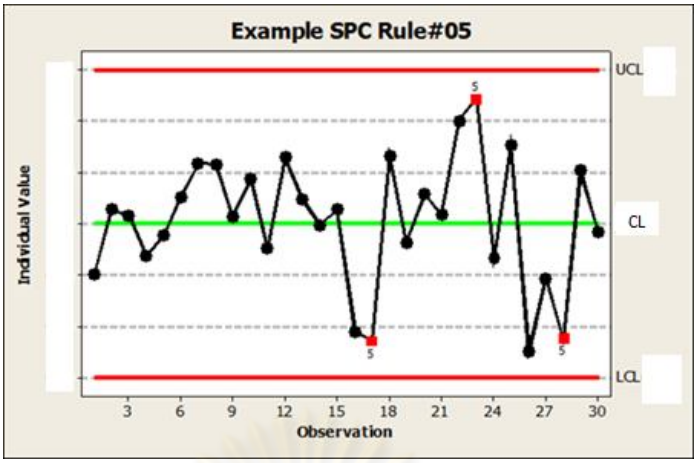
รูปที่ 3.43 กฎข้อที่ 4 ข้อมูล 14 จุดสลับขึ้นลงแบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้)

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. ผลด้านฤดูกาล เช่น อุณหภูมิและความชื้น 2. ตำแหน่งของเกลียวเปลี่ยนไปเพราะการสึกหรอ 3. ความล้าของพนักงาน 4. การหมุนเวียนกะงานของพนักงาน 5. การหมุนเวียนเครื่องมือวัด 6. การแกว่งไปมาของความต่างศักย์ 7. ความแตกต่างโดยปกติของกะงานกลางวันและกลางคืน	1. กำหนดการบำรุงรักษา 2. ความล้าของพนักงาน 3. การหมุนเวียนการใช้งานของอุปกรณ์จับยึดและอุปกรณ์วัด 4. การสึกหรอของแม่พิมพ์ 5. การสึกหรอของมีดตัด (ที่ถึงรอบการลับใหม่) 6. ความแตกต่างโดยปกติของกะงานกลางวันและกลางคืน

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. ความสามารถในการทำงานของพนักงานที่ต่างกะกันทำให้อาจผสมวัตถุดิบหรือทักษะการทำงานที่ต่างกัน 2. สภาพอากาศในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม	1. ความสามารถในการทำงานของพนักงานที่ต่างกะกันทำให้อาจผสมวัตถุดิบหรือทักษะการทำงานที่ต่างกัน 2. สภาพอากาศในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม



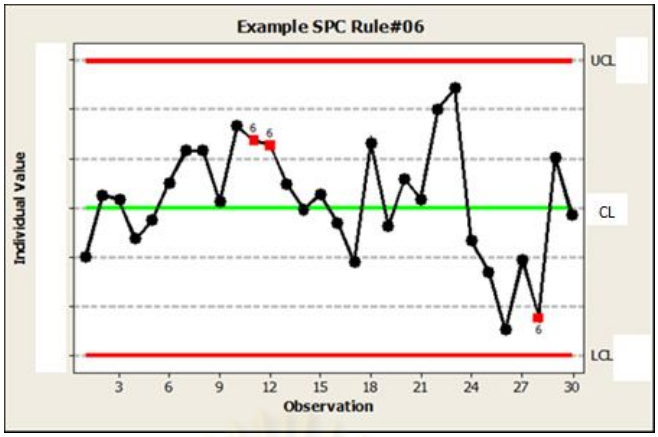
รูปที่ 3.44 กฎข้อที่ 5 ข้อมูล 2 ใน 3 จุดมากกว่า 2 Sigma ต่อเนื่อง (ข้างเดียวกัน)

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีความแตกต่างอย่างคงที่ในวัตถุดิบและพนักงาน ฯลฯ 2. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด 4. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต	1. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 2. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม 2. มีการเจือปนของวัตถุดิบต่างชนิดกันในกระบวนการผลิต	1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม



รูปที่ 3.45 กฎข้อที่ 6 ข้อมูล 4 ใน 5 จุดมากกว่า 1 Sigma ต่อเนื่อง (ข้างเดียวกัน)

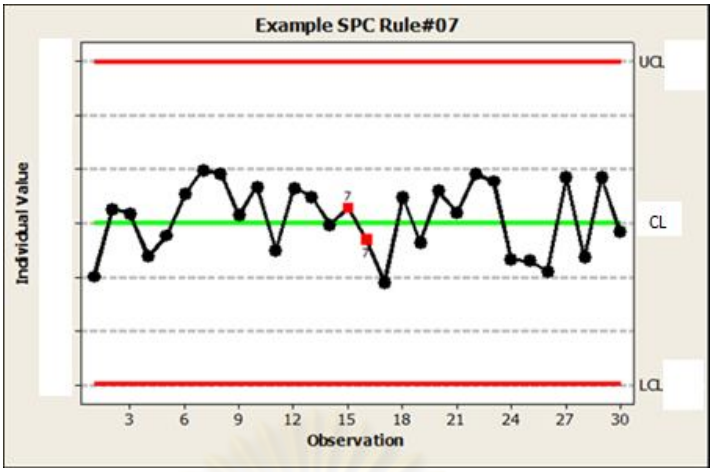
- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีความแตกต่างอย่างคงที่ในวัตถุดิบและพนักงาน ฯลฯ 2. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด 4. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต	1. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบในห้องเก็บวัตถุดิบ 2. มีการผสมกันของชิ้นส่วนที่แตกต่างกันมากในสายการผลิต 3. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและระบบการวัด

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแยมที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม 2. มีการเจือปนของวัตถุดิบต่างชนิดกันในกระบวนการผลิต	1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



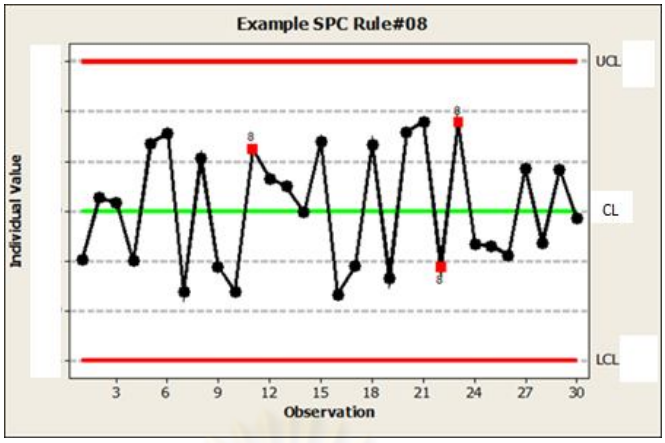
รูปที่ 3.46 กฎข้อที่ 7 ข้อมูล 15 จุดมีค่าอยู่ใน 1 Sigma แบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้)

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเปลี่ยนแปลงประเภทของวัตถุดิบ 2. บุคลากรใหม่ 3. พนักงานตรวจสอบใหม่ 4. เครื่องจักรใหม่ 5. มีการปรับตั้งเครื่องจักรใหม่ 6.มีการเปลี่ยนแปลงในวิธีการปรับตั้ง 7. วิธีการชักตัวอย่างผิดพลาด	1. การเพิ่มความสามารถของเครื่องจักรและอุปกรณ์ 2. การเพิ่มทักษะของบุคลากร

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแยมที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเก็บข้อมูลตัวอย่างผิดพลาดในสายการผลิต 2. มีการเปลี่ยนประเภทของวัตถุดิบ เครื่องจักร หรือวิธีปรับตั้งค่าใหม่	1. เครื่องจักรในสายการผลิตแยมหรือประเภทวัตถุดิบมีคุณภาพมากขึ้น 2. พนักงานในสายการผลิตแยมมีทักษะการทำงานมากขึ้น



รูปที่ 3.47 กฎข้อที่ 8 ข้อมูล 8 จุดมากกว่า 1 Sigma แบบต่อเนื่อง (ข้างไหนก็ได้)

- สาเหตุเบื้องต้นทั่วไปที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. ปรับเครื่องจักรมากเกินไป 2. ตัวจับงานจับงานไม่ตรงกับตำแหน่ง 3. มีความแตกต่างของล็อตวัตถุดิบ 4. ชิ้นงานมีการผสมกันในสายการผลิต 5. มีความแตกต่างในชุดทดสอบและการวัด 6. ความคลาดเคลื่อนของระบบควบคุมอัตโนมัติ	1. พนักงานที่ไม่ผ่านการอบรม 2. การผสมกันของวัตถุดิบ 3. เครื่องจักรมีการเสื่อมสภาพ 4. ความไม่เสถียรของอุปกรณ์ทดสอบ 5. การสึกหรอของแผ่นรอง 6. ความไม่ระมัดระวังของพนักงาน 7. การประกอบที่ไม่ตรงศูนย์ 8. มีปัญหาในการทดสอบ

- สาเหตุเบื้องต้นของกระบวนการผลิตแยมที่เป็นไปได้

แผนภูมิ $\overline{X}$ Chart	แผนภูมิ R Chart
1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม 2. มีการปรับเปลี่ยนการผลิตเปลี่ยนไปจากเดิม 3. การควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อค่าความแข็งของแยมไม่คงที่ 4. มีการเจือปนของวัตถุดิบต่างชนิดกันในกระบวนการผลิต	1. มีการเปลี่ยนประเภทวัตถุดิบจากเดิม 2. มีการผสมวัตถุดิบที่ผิดไปจากสูตรของโรงงาน 3. เครื่องจักรในกระบวนการผลิตเสื่อมสภาพ 4. การปฏิบัติงานของพนักงานเกิดความผิดพลาด

3.5.2 สรุประยะติดตามควบคุมผล

ระยะติดตามควบคุม ได้ทำการออกแบบการรักษาระดับคุณภาพหลังการปรับปรุง โดยจัดทำการรักษาระดับคุณภาพการหลังการปรับปรุง แบ่งออกเป็น 3 ข้อ ดังนี้

1. จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ
2. จัดทำการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) สำหรับควบคุมการผสมเพคตินและกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามสูตร เพื่อการป้องกันการผสมไม่ให้ผิดพลาด ด้วยการผสมปริมาณน้ำร้อน อุณหภูมิน้ำร้อน และระยะเวลาในการผสมให้ถูกต้องตามสูตร
3. จัดทำแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจจับปัญหา โดยใช้ Control Chart ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยทำให้ทราบสภาพของกระบวนการผลิตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร โดยเลือกใช้ Control Chart ประเภท $\overline{X}$ and R chart โดยทำการสุ่มแยมทุกแบช ที่ขนาดตัวอย่างแบชละ 15 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ในเบื้องต้นของอาการผิดปกติประเภทต่างๆ จากกฎของการควบคุมกระบวนการโดยหลักสถิติ SPC ทั้ง 8 ข้อ เพื่อแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดความผิดปกติกับแผนควบคุม $\overline{X}$ and R chart

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม
(Wasted Time Reduction of Jam Manufacturing Process)

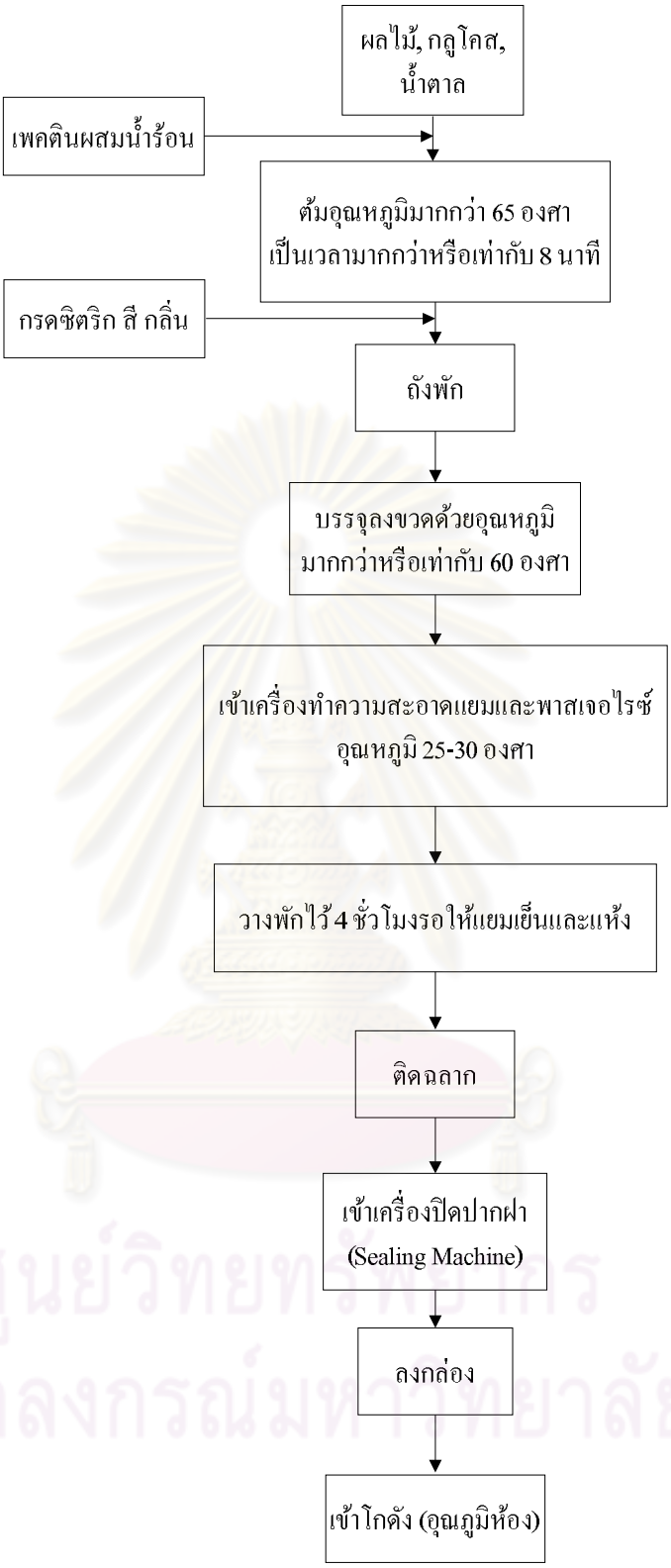
4.1 ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

ระยะนิยามปัญหานี้มีความสำคัญอย่างมากในวิธีซิกซ์ ซิกมา เนื่องจากเป็นขั้นตอนเริ่มแรกที่กำหนดทิศทางของการปรับปรุง โดยจะเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาในปัจจุบันของโรงงาน เพื่อให้เห็นถึงลักษณะของปัญหาและนำไปสู่การกำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุง กำหนดเป้าหมาย รวมทั้งจัดตั้งคณะทำงานในการระดมสมองวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางการแก้ไขปัญหา ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 การศึกษากระบวนการผลิต

ในการศึกษากระบวนการผลิตแยมนั้นจะศึกษาที่แยมสตรอเบอร์รี่ ขนาด 280 กรัม ที่มีกำลังการผลิตมากที่สุดคิดเป็น 13% ของแยมชนิดขวดทุกประเภท เป็นตัวแทนแสดงการทำงานแต่ละกระบวนการเพราะแยมชนิดขวดทุกขนาดจะมีกระบวนการผลิตที่เหมือนกันโดยแสดงแผนผังการผลิตแยม ดังรูปที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการผลิตแยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.1 แบ่งขั้นตอนการผลิตได้ 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

2. กระบวนการผสมวัตถุดิบ

นำวัตถุดิบเตรียมที่จะผสม คือ ผลไม้ กลูโคส น้ำตาล มาผสมกับเพคตินผสมน้ำร้อน โดยที่วัตถุดิบที่ผสมแล้วก่อนที่จะลงหม้อต้มต้องมีค่าบริกซ์(Brix) 63-65 องศา และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 2.8-3.2 จากนั้นนำวัตถุดิบที่ผสมแล้วมาต้มในหม้อต้มที่อุณหภูมิมากกว่า 65 องศาเซลเซียสที่ความดันไอต้ม 500 mmHg. เป็นเวลา 8 นาที หลังจากต้มเสร็จจะทำการผสมกรดซิตริก สี และกลิ่น แล้วทำการผสมคนให้เข้ากันและวางไว้ในถังพักเพื่อรอทางแผนกควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC) มาตรวจวัดค่าบริกซ์และแผนกรับประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) มาตรวจการเซ็ตตัวของแยมซึ่งถ้าผ่านตามเกณฑ์จึงจะนำไปบรรจุลงขวด

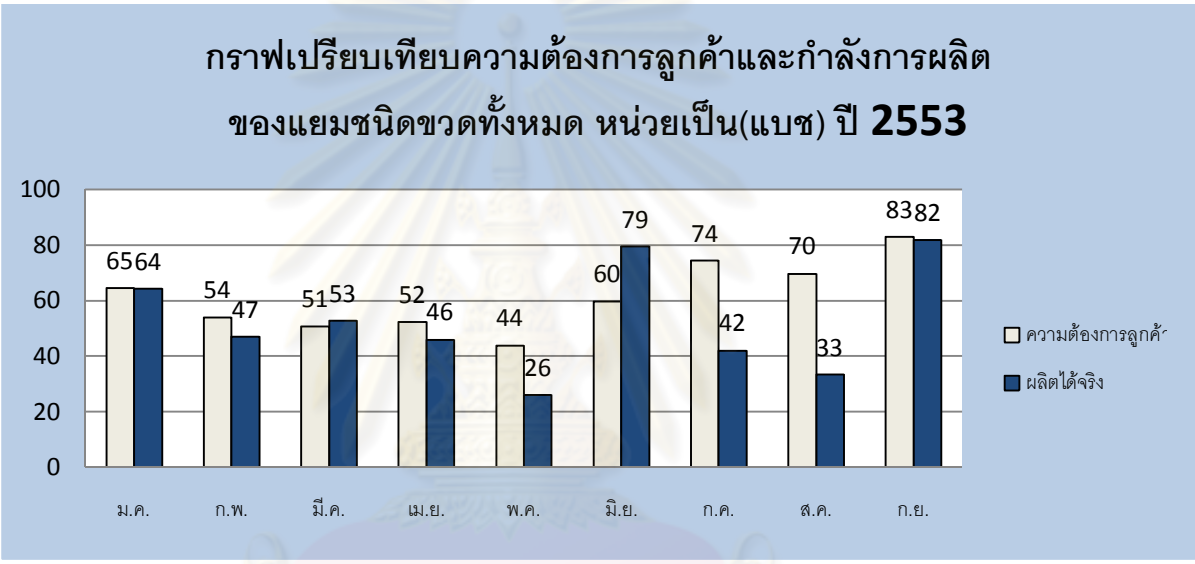
3. กระบวนการบรรจุลงขวด

นำส่วนผสมวัตถุดิบที่ผ่านการต้มแล้วมาบรรจุลงขวดโดยที่เนื้อแยมที่บรรจุต้องมีอุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 60 องศาเซลเซียส แล้วแยมที่ผ่านการบรรจุลงขวดแล้วจะผ่านเครื่องปิดฝาจากนั้นเข้าเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เพื่อทำความสะอาดล้างขวดแยมและทำให้เนื้อแยมเกิดการแข็งตัว และจึงนำแยมไปวางพักที่สายการผลิตประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อรอให้แยมแห้งและเย็นตัวลงและนำไปติดฉลาก จากนั้นเข้าเครื่องปิดปากฝาเพื่อใช้ความร้อนปิดฝาและบรรจุลงกล่องเข้าโกดัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 สภาพปัญหาในปัจจุบัน

การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม จะทำการพิจารณาแยมชนิดขวดทุกประเภทที่ผ่านสายการผลิตนี้ ซึ่งปัญหาคือปริมาณความต้องการของลูกค้านั้นมีมากกว่าปริมาณที่ผลิตได้จริงของปี 2553 เฉลี่ยต่างกันเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% และด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง3 วัน/สัปดาห์เท่านั้น เพราะพนักงานผลิตแยมจะต้องผลิตแยมชนิดอื่นอีกคือ แยมชนิดถัง และแยมชนิดถ้วย ดังนั้นจึงต้องลดเวลาของแต่ละกระบวนการในสายการผลิตแยมชนิดขวดที่ใช้เวลาสูญเปล่ามากเกินไป โดยแสดงกราฟปริมาณความต้องการของลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริง ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริงของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค.ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553

ซึ่งหลังจากทราบปัญหาแล้วว่าปริมาณที่ผลิตได้จริงไม่เพียงพอต่อปริมาณความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงพิจารณากระบวนการผลิตแยมในปัจจุบันว่ามีกระบวนการใดที่มีเวลาสูญเปล่าจนทำให้กำลังการผลิตไม่ได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยแยม 1 แบช จะมีแยมประมาณ 116 ลัง โดยราคาต้นทุนทั้งหมดของแยมต่อขวดเท่ากับ 16.95 บาท โดยถ้าการผลิตแยมที่เดือนนั้นๆ ไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า ก็ต้องสูญเสียยอดความต้องการนั้นไป โดยจากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน ก.ย. มีปริมาณที่โรงงานผลิตได้จริงน้อยกว่าปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ 7 เดือน โดยมีอยู่ 2 เดือน คือเดือน มี.ค. และเดือน มิ.ย.ที่โรงงานผลิตได้จริงมากกว่ายอดความต้องการของลูกค้า โดยเดือน มี.ค. นั้นผลิตได้มากกว่าที่ลูกค้าต้องการเพียง 1 แบช ซึ่ง

ถือว่าผลิตมากกว่าไม่มาก แต่ที่เดือน มิ.ย. นั้นผลิตได้มากกว่าที่ลูกค้าต้องการถึง19 แบช เนื่องจากในเดือนนั้นใช้วิธีระบบการผลิตที่ผลิตต่อครั้งเป็นปริมาณมาก (Make to stock) เพื่อชดเชยในช่วงเดือน พ.ค. และทำการผลิตมากกว่า 3 วัน/สัปดาห์ ซึ่งถึงแม้จะไปผลิตทับกับเวลาการผลิตของแยมชนิดอื่นแต่ไม่ได้ส่งผลอะไรมาก จึงทำให้ปริมาณการผลิตจริงมากกว่ายอดความต้องการของลูกค้า

จากนั้นทำการคิดเรื่องราคาต้นทุนและกำไรจากการขายต่อแบช ดังนี้

- ราคาต้นทุนแยม/แบช = (116 ลัง) X (12 ขวด) x (ต้นทุนขวดละ 16.95 บาท) = 23,594.4 บาท/แบช
- ราคาขายต่อจะคิดเพิ่มเป็น 30% ต่อขวด = (116 ลัง) X (12 ขวด) x (ราคาขายขวดละ 22 บาท) = 30,624 บาท/แบช
- กำไรต่อแบช= (ราคาขาย 30,624 บาท) – (ต้นทุน 23,594.4 บาท) = 7,029.6 บาท/แบช

ดังนั้นกำลังการผลิตปัจจุบันผลิตได้น้อยกว่าความต้องการของลูกค้าประมาณ 9 แบช เท่ากับโอกาสสูญเสียกำไรไป (กำไรต่อแบช7,029.6 บาท) X (แยมที่ผลิตได้น้อยกว่าความต้องการลูกค้า 9 แบช) = 63,266 บาท/เดือน

4.1.3 กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และตัวชี้วัด

หลังจากที่ได้ทราบแล้วว่าปริมาณความต้องการของลูกค้ามีมากกว่าปริมาณที่ผลิตได้จริงต่างกันเฉลี่ยเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์ ทำให้เกิดโอกาสการสูญเสียกำไรไปประมาณ 63,266 บาท/เดือน ดังนั้นการลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม จึงต้องทำให้กำลังการผลิตจริงสามารถผลิตได้เท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้า จากนั้นทำการปรับปรุงสายการผลิตให้เป็นกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Flow) และจัดสมดุลของกระบวนการ (Line Balancing) ต่อไป โดยมีเป้าหมายดังนี้

ก. ลดรอบเวลาการทำงาน (Cycle Time) ให้ได้น้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า (Takt Time)

ข. เพิ่มอัตราการผลิตแยมชนิดขวดจากเดิมเฉลี่ย 52 แบช/เดือน ให้ผลิตได้อย่างน้อยเฉลี่ย 61 แบช/เดือน

ค. ลดพื้นที่การจัดเก็บแยมในสายการผลิตจากเดิมสูญเสียไป 15 ตารางเมตร ให้เหลือ 0 ตารางเมตร

4.1.4 **จัดตั้งคณะทำงาน**

จัดตั้งคณะทำงานเพื่อเข้าร่วมในโครงการ โดยกำหนดคณะทำงานและคัดเลือกผู้ที่มีความรู้ความชำนาญ โดยในส่วนของกระบวนการที่เลือกทำการปรับปรุงคือกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบจนไปถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย ซึ่งประกอบไปด้วย

- ผู้จัดการฝ่ายผลิต
- หัวหน้าวิศวกรฝ่ายผลิต
- หัวหน้าพนักงานฝ่ายผลิตของสายการผลิตแยม
- ผู้ดำเนินงานวิจัย

คณะทำงานมีหน้าที่ช่วยในการระดมสมองด้วยเครื่องมือและเทคนิคต่างๆ เพื่อหาปัจจัยที่คาดว่ามีผลต่อกระบวนการที่มีความสูญเปล่า รวมทั้งสนับสนุนการทดลองต่างๆ

ส่วนหน้าที่หลักของผู้ดำเนินการวิจัย มีดังนี้

- ติดต่อประสานงานทีมงานทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับสายการผลิตแยมชนิดขวด
- เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆเกี่ยวกับสภาพปัญหาของสายการผลิตแยมชนิดขวด
- จัดประชุมร่วมกับคณะทำงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อระดมสมองเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหาและวางแผนการปรับปรุงสายการผลิตแยม
- จัดทำแผนควบคุม(Control Plan)เพื่อรักษามาตรฐานหลังการปรับปรุง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 Project Charter (Pyzdek and Keller, 2009)

DMAIC Project Charter Worksheet		
Project Title : การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม		
Project Leader : วัชราวุธ ศรีสุธรรม , Team Leader	Team Members : วัชราวุธ ศรีสุธรรม, Black Belt Day Shift Lead Swing Shift Lead	
Business Case : ทางโรงงานประสบปัญหาที่ผลิตแยมชนิดขวดไม่ทันตามที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งอาจทำให้ลูกค้าอาจหันไปสนใจสั่งผลิตภัณฑ์ยี่ห้ออื่นที่ตอบสนองความต้องการได้มากกว่าแทน		
Problem Statement : โรงงานมีปัญหาที่ผลิตแยมได้น้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการประมาณเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% คิดเป็นโอกาสที่จะสูญเสียกำไรไปประมาณ 63,266 บาท/เดือน โดยที่ทางโรงงานมีข้อจำกัดว่าแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์เท่านั้น ซึ่งปัญหาเริ่มตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึง ก.ย. ปี 2553	Goal Statement :ลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยมให้ผลิตแยมได้อย่างน้อยเฉลี่ย 61 แบช/เดือนและลดพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตที่สูญเสียไปให้ได้เหลือ 0 ตารางเมตร โดยดำเนินการปรับปรุงตั้งแต่เดือน เม.ย. ถึงเดือน ธ.ค. ปี 2553	
Project Scope, Constraints, assumptions : 1. ทีมงานต้องมีการรายงานความคืบหน้าสัปดาห์ละ 1 ครั้ง 2. ทีมงานสามารถแก้ไขแผนผังการผลิตให้เหมาะสมได้ 3. ทำการทดลองเฉพาะแยมชนิดขวดทุกประเภท	Stakeholders : 1. รองกรรมการผู้จัดการ 2. ผู้จัดการโรงงาน 3. ผู้จัดการฝ่ายคุณภาพ 4. หัวหน้าฝ่ายการผลิตแยม	
PRELIMINARY PLAN	Target Date	Actual Date
Start Date	1-เม.ย.-53	
DEFINE	5-เม.ย.-53	
MEASURE	1-พ.ค.-53	
ANALYZE	15-ต.ค.-53	
IMPROVE	15-พ.ย.-53	
CONTROL	1-ธ.ค.-53	
Completion Date	31-ธ.ค.-53	

4.1.6 **สรุประยะนิยามปัญหา**

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานพบว่าปัญหาของทางโรงงานคือการผลิตแยมชนิดขวดไม่ได้ปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ โดยการผลิตแยมชนิดขวดของทางโรงงานน้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ยเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์ และสูญเสียพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตไป 15 ตารางเมตร

ดังนั้นจึงได้กำหนดสภาพปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือการลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยมให้เวลาการทำงานลดลงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ผลิตได้อย่างน้อยเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ต้องการเฉลี่ย61 แบช/เดือน และเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บแยม โดยทำการลดพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตให้เหลือ 0 ตารางเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 ระยะวัดสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)

หลังจากได้ทำการนิยามปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว ในส่วนของระยะวัดสาเหตุของปัญหาจะเป็นการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการกำหนดหาสาเหตุของปัญหา โดยเริ่มจากการศึกษากระบวนการผลิตแยมและทำการวัดเวลาการทำงานที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ในสายการผลิตแยม

4.2.1 เวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการผลิตแยม

ทำการศึกษาและวัดเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการผลิตแยม/แบช ตั้งแต่ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบจนกระทั่งไปถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อพิจารณาถึงเวลาการทำงานของแต่ละกระบวนการผลิตแยม ซึ่งมีลำดับขั้นตอนแต่ละกระบวนการดังนี้ คือ

1. กระบวนการผสมวัตถุดิบในหม้อคน

เตรียมวัตถุดิบทั้งหมดใช้เวลา 5 นาที และนำเพคตินมาผสมกับน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำเพคตินที่ผสมน้ำร้อน น้ำตาล กลูโคส และเนื้อสตรอเบอร์รี่ในน้ำเชื่อมผสมลงในหม้อคนเพื่อทำการผสมวัตถุดิบต่างๆให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยมีพนักงาน 2 คนช่วยกันทำหน้าที่ดังกล่าวโดยใช้เวลา 9.45 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 นำวัตถุดิบมาผสมในหม้อคน

2. กระบวนการนำวัตถุดิบที่ผสมกันแล้วมาต้มที่หม้อต้ม

เมื่อทำการผสมวัตถุดิบที่หม้อคนเสร็จเรียบร้อยแล้วจะถูกส่งตามท่อลำเลียงไปที่หม้อต้ม เพื่อทำการต้มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที และนำกรดซิตริกผสมน้ำร้อนเป็นเวลา 5 นาทีผสมรวมกับวัตถุดิบในหม้อต้ม 5 นาที จากนั้นแผนกตรวจสอบคุณภาพ (QualityControl, QC) จะทำการตรวจสอบโดยเอาเนื้อแยมบางส่วนไปตรวจค่าบริกซ์ โดยใช้เวลา 0.45 นาที จากนั้นฝ่ายประกันคุณภาพ (Quality Assurance, QA) ทำการวัดการเซ็ตตัวของแยม โดยใช้เวลา 7 นาที เพื่อตรวจสอบตามเกณฑ์ที่กำหนดจากนั้นแยมที่ผ่านการตรวจจะถูกส่งลำเลียงไปที่ถังพักรอการบรรจุต่อไป ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 นำวัตถุดิบที่ผสมคนจนเข้ากันแล้วไปที่หม้อต้ม

3. กระบวนการนำขวดเข้าเครื่องบรรจุแยม

ในขั้นตอนนำขวดเข้าเครื่องบรรจุแยมเมื่อแยมที่ผ่านการต้มและผ่านการตรวจจากแผนกควบคุมคุณภาพและประกันคุณภาพผ่านแล้ว จะมีพนักงาน 1 คนทำหน้าที่ลำเลียงขวดแยมเปล่ามาเพื่อรอบรรจุแยม ดังรูปที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.5 พนักงานนำขวดแยมมาลำเลียงใส่เครื่องจักร

4. กระบวนการเข้าเครื่องบรรจุแยม 4 หัว (Filling Temperature)

พนักงานจะล้างเครื่องท่อบรรจุแยม 4 หัวก่อนเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นแยมจะถูกบรรจุจากเครื่องบรรจุแยม 4 หัว โดยมีพนักงานดูแล 1 คน ทำหน้าที่คอยปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับปริมาณแยมที่ลงขวดให้พอดี และดูแลความเรียบร้อยของแยมที่ผ่านการบรรจุและแก้ไขปัญหาหากแยมที่บรรจุมีการล้นหรือขาดหายไปไม่เต็มขวดแยม โดยเวลาการบรรจุนั้นใช้เวลา 25.25 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 เข้าเครื่องบรรจุแยม 4 หัว

5. กระบวนการเข้าเครื่องตรวจโลหะ

แยมที่ผ่านการบรรจุแล้วจะผ่านเครื่องตรวจโลหะเพื่อตรวจสอบว่ามีสิ่งแปลกปลอมเข้าไปเจือปนในแยมหรือไม่ โดยใช้เวลา 21.5 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 เครื่องตรวจจับโลหะ

6. กระบวนการเข้าเครื่องติดฝา

แยมที่ผ่านเครื่องตรวจโลหะแล้วนั้นจะนำมาเข้าเครื่องติดฝา โดยจะมีพนักงานดูแลเครื่องติดฝา1 คน ทำหน้าที่ดูความเรียบร้อยไม่ให้ขวดแยมมีการเบียดจนแน่นมากเกินไป โดยใช้เวลา 21.7 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 เครื่องติดฝา

7. กระบวนการเข้าเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์

แยมจะผ่านเข้าเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อฆ่าเชื้อและให้แยมเกิดการแข็งตัว โดยใช้เวลา 25 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 เครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์

8. กระบวนการพนักงานนำแยมมาใส่ตะกร้ารอติดฉลาก

หลังจากแยมผ่านเครื่องแยมและพาสเจอไรซ์ จะมีพนักงาน 2 คน นำแยมมาใส่ตะกร้าโดยใช้เวลา 15 นาที/แบช จากนั้นนำแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต โดยใช้เวลาเคลื่อนย้าย 14.5 นาที/แบช เพื่อรอให้แยมแห้งและเย็นตัวลงเป็นเวลา 240 นาที จากนั้นพนักงานจะยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก โดยใช้เวลาเคลื่อนย้าย 15 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.10

รูปที่ 4.10 พนักงานนำแยมมาใส่ตะกร้า

9. กระบวนการพนักงานติดฉลาก

พนักงานทั้งหมด 7คน จะติดฉลากขวดแยม โดยใช้เวลา 35 นาที/แบช จากนั้นพนักงานนำแยมที่ติดฉลากแล้วไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยม โดยใช้เวลาในการเคลื่อนย้าย 14.5 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.11

รูปที่ 4.11 พนักงานติดฉลากแยม

10. กระบวนการเข้าเครื่องปิดปากฝา (Sealing Machine) และบรรจุลงกล่อง

แยมที่ติดฉลากแล้วจะมีพนักงาน 7 คนทำงาน โดยพนักงาน 3 คนทำหน้าที่ติดพลาสติกที่ฝาแยม เพื่อเข้าเครื่องปิดปากฝา โดยใช้เวลา 13 นาที/แบช พนักงาน 2 คน ทำหน้าที่เตรียมพับกล่องรอบรรจุ และพนักงานอีก 2 คนที่เหลือช่วยกันบรรจุแยมลงกล่อง โดยใช้เวลา 18.84 นาที/แบช จากนั้นนำแยมที่บรรจุลงกล่องแล้วไปเข้าโกดัง โดยใช้เวลา 10 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 เข้าเครื่องปิดปากฝา และบรรจุลงกล่อง

4.2.2 สภาพปัญหากระบวนการผลิตแยมในปัจจุบัน

จากสภาพปัญหาที่ทางโรงงานผลิตแยมได้น้อยกว่าปริมาณที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ย9แบช/เดือน หรือคิดเป็น 14.75% โดยที่ทางโรงงานมีข้อจำกัดว่าแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์เท่านั้นโดยได้วัดเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการต่อการผลิตแยม 1แบช และจับเวลาในแต่ละกระบวนการเพื่อนำไปพิจารณาในการปรับปรุงจากนั้นทำแผนผังการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) ดังรูปที่ 4.13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW PROCESS CHART						MAN TYPE						
CHART NO.	SHEET NO.	OF.				SUMMARY						
SUBJECT CHARTED		ACTIVITY			PRESENT	PROPOSED						SAVING
กระบวนการผลิตแยมสตรอเบอร์รี่		OPERATION ○			13							
		TRANSPORT ⇨			3							
ACTIVITY		DELAY D			1							
แยมสตรอเบอร์รี่		INSPECTION □			2							
METHOD	PRESENT/PROPOSED	STORAGE ▽										
		DISTANCE (m)			88.29							
LOCATION	Line ผลิตแยม	TIME (man-h)			9.12							
OPERATIVE(S)	CLOCK NO.	COST										
		LABOUR										
CHARTED BY	DATE:	MATERIAL										
APPROVED BY	DATE:	TOTAL (capital)										
DESCRIPTION		QTY	DISTANCE (m)	TIME (s)	Time (min)	SYMBOL ○	⇨	D	□	▽		REMARKS
ผสมวัตถุดิบตามสูตร					37.45							
ฝ่ายควบคุมคุณภาพ(QC) ตรวจค่าบริกซ์					0.45							
ฝ่ายประกันคุณภาพ(QA) วัดการเซ็ตตัวของแยม					7							
ล้างท่อบรรจุแยม 4 หัว					2							
ปล่อยแยมที่อยู่ในหม้อต้มลงที่ถังพัก					1							
เข้าเครื่องบรรจุแยม 4 หัว					25.25							
เข้าเครื่องตรวจจับโลหะ					21.5							
เข้าเครื่องติดฝา			2.62		21.7							
ผ่านเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์			3.41		25							
พนักงานยกแยมใส่ตะกร้า					15							
พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต					14.5							
วางแยมรอคนติดฉลาก					240							
พนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก					15							
พนักงานติดฉลากแยม			3.07		35							
พนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับห้มพลาสติกใส					14.5							
พนักท่าการบรรจุห้มพลาสติกใสในฝาขวดแยม					13							
เข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝา			0.52		30.14							
พนักงานบรรจุลงกล่อง			0.67		18.84							
ส่งสินค้าเข้าโกดัง			78		10							
Total			88.29		547.33							

รูปที่ 4.13 แผนผังการไหลของกระบวนการแยมสตรอเบอร์รี่ขนาด 280 กรัม ชนิดขวด

จากรูปที่ 4.13 เป็นแผนผังการไหลของกระบวนการผลิตแยม โดยจะทำการพิจารณาที่กระบวนการประเภทล่าช้า (Delay) และกระบวนการประเภทเคลื่อนย้าย (Transport) เพราะเป็นกระบวนการที่สูญเปล่าและจำเป็นต้องปรับปรุง ส่วนกระบวนการประเภทดำเนินการ (Operation) และตรวจสอบ (Inspection) นั้นเป็นกระบวนการที่ทำการปรับปรุงได้ยากเพราะเป็นกระบวนการที่ต้องทำงานตามคู่มือการปฏิบัติงานเองหรือตามคู่มือเครื่องจักรของแต่ละกระบวนการ ถ้าไปทำการปรับให้เร็วขึ้นอาจจะส่งผลต่อตัวผลิตภัณฑ์ได้ดังนั้นจึงพิจารณาที่กระบวนการ2 ประเภทนี้คือกระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้าย

1. **กระบวนการล่าช้า ประกอบด้วย**

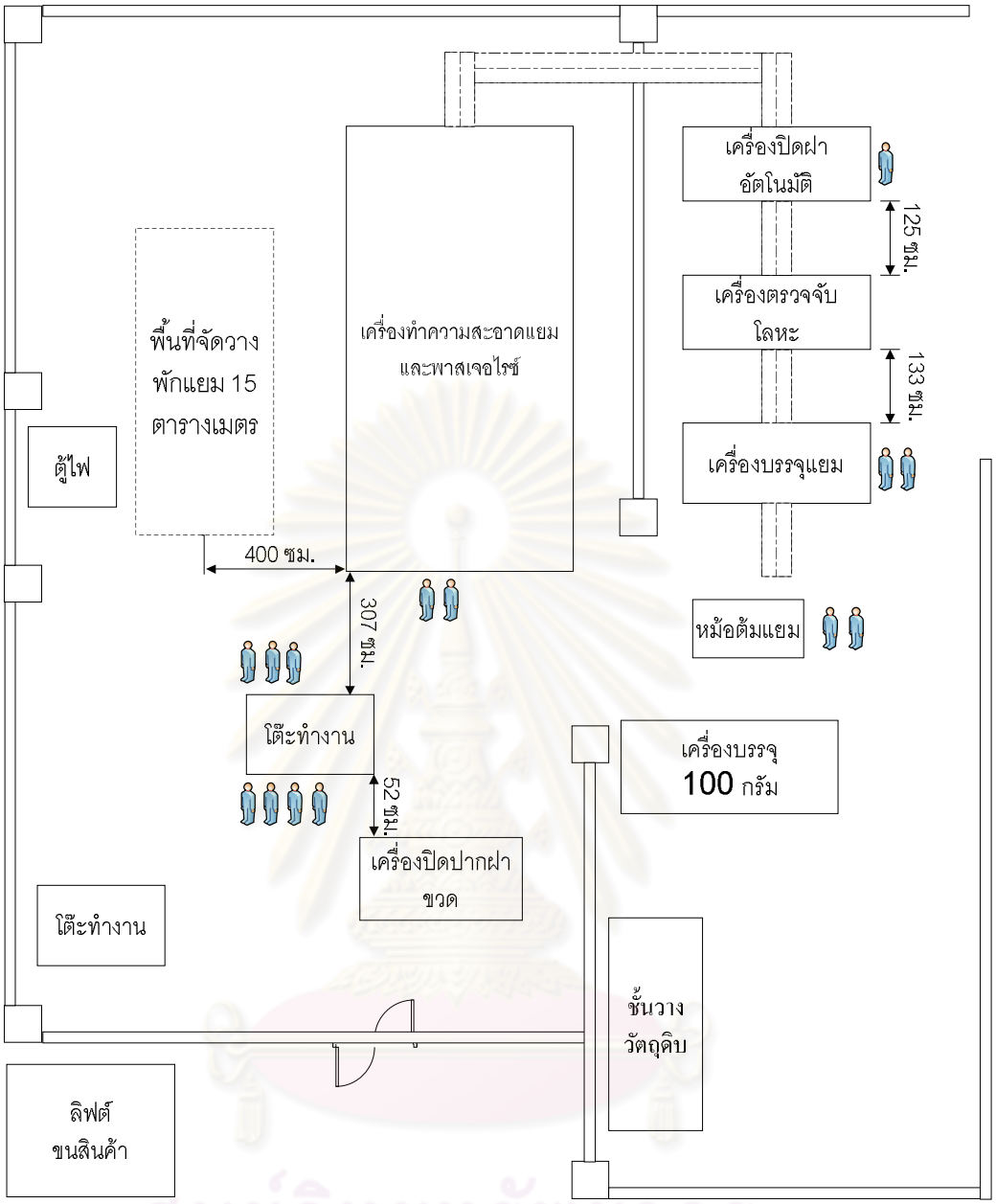
- วางแยมรอคนติดฉลาก

จากการที่ต้องรอให้แยมแห้งและเย็นตัวลงนั้นต้องสูญเสียเวลาไปถึง 240 นาที ส่งผลให้พนักงานในกระบวนการผลิตทั้ง 14 คน ไม่สามารถผลิตแยมแบชใหม่ต่อได้ เพราะแยมที่ออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์จะยังไม่สามารถนำไปติดฉลากได้ทันทีเนื่องจากขวดแยมมีความร้อนและเปียกน้ำทำให้ต้องตั้งพักไว้ 240 นาที เพื่อรอให้แยมแห้งและเย็นตัวลง ซึ่งทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ในการจัดเก็บแยมและเนื่องจากพื้นที่ในการจัดเก็บจะเก็บแยมได้เพียง 4 แบช ดังนั้นเมื่อทำการผลิตแยมแบชที่ 5 ออกมาก็จะไม่สามารถผลิตได้เพราะไม่มีพื้นที่จัดเก็บวางพักแยมโดยพื้นที่ที่สูญเสียจากการวางพักแยมสูญเสียไปประมาณ 15 ตารางเมตร และเมื่อทำการพิจารณาแล้วนั้น กระบวนการนี้เป็นกระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้เต็มประสิทธิภาพและคุ้มค่าต่อการปรับปรุง โดยการหาเครื่องจักรมาทำงานแทนที่กระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากและพนักงานนำแยมไปติดฉลาก โดยพิจารณาแล้วสามารถลดเวลาสูญเปล่าได้เกือบ 240 นาที

2. **กระบวนการประเภทเคลื่อนย้าย ประกอบด้วย**

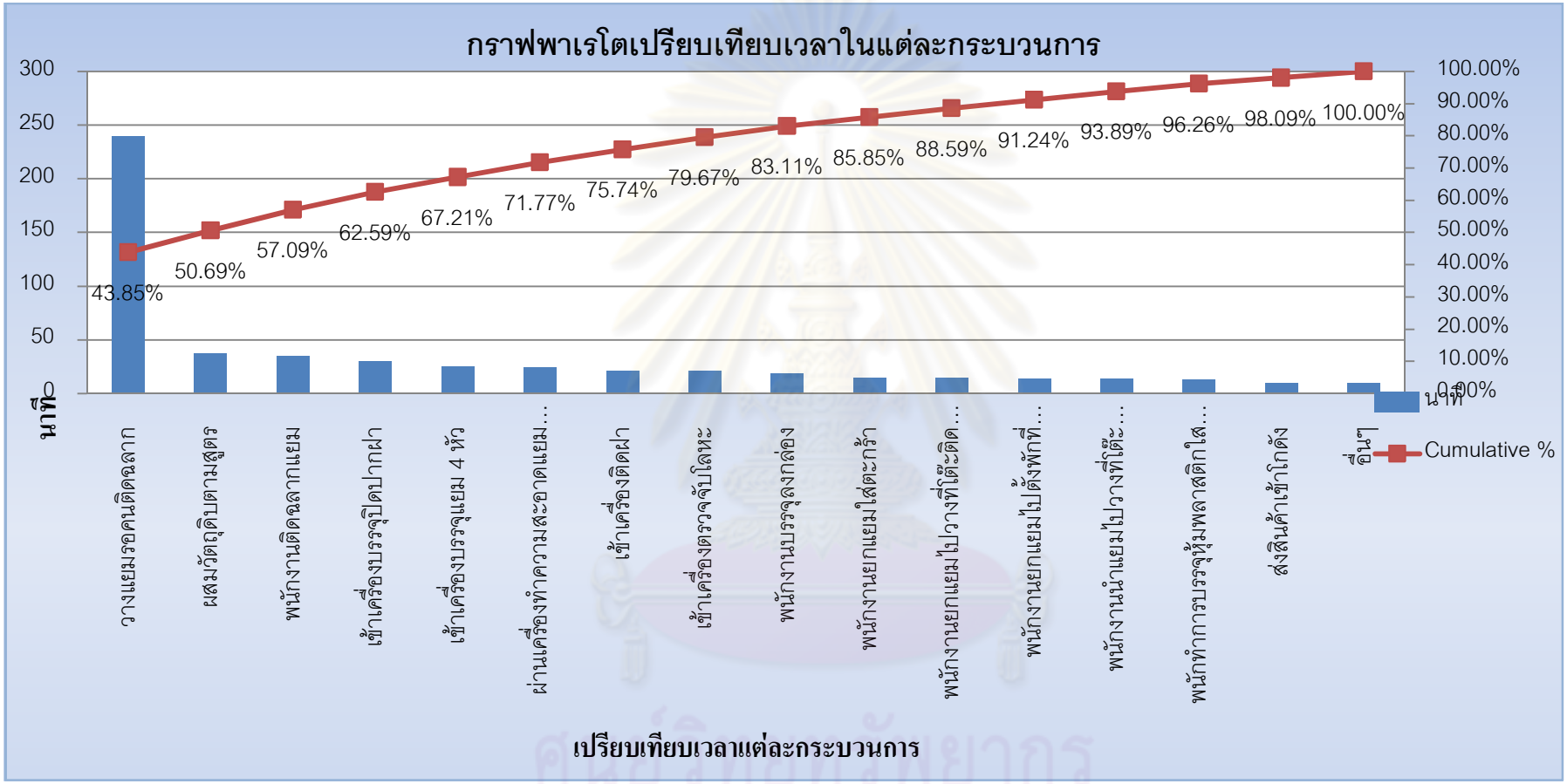
- พนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก
- พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต
- พนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใส

ซึ่งเมื่อพิจารณากระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายแล้ว พบว่าสาเหตุของปัญหาเกิดจากสายการผลิตแยมชนิดขวดไม่มีความต่อเนื่องทำให้ต้องเกิดกระบวนการเคลื่อนย้ายซึ่งต้องสูญเสียแรงงานคนและเวลาที่สูญเปล่าเกินจำเป็น ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แผนผัง (Lay-Out) ของกระบวนการผลิตแยมปัจจุบัน

และเมื่อพิจารณาจากกราฟพาเรโตเพื่อดูเวลาที่ใช้ในแต่ละกระบวนการของการผลิต/แบช เพื่อพิจารณาถึงเวลาที่ใช้ในกระบวนการประเภทล่าช้าและเคลื่อนย้าย เพื่อดูความเหมาะสมต่อการปรับปรุงต่อไป ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟพาเรโตเปรียบเทียบเวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการ

จากรูปที่ 4.15 พิจารณาเวลาที่ใช้ไปแยกเป็นประเภทงานดังนี้

1. กระบวนการล่าช้า

- วางแยมรอคนติดฉลากคิดเป็น 43.85% ของเวลาทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่ใช้เวลามากที่สุด

2. กระบวนการประเภทเคลื่อนย้าย

- พนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก คิดเป็น 2.74% ของเวลาทั้งหมด
- พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต คิดเป็น 2.65% ของเวลาทั้งหมด
- พนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใสคิดเป็น 2.65% ของเวลาทั้งหมด

ซึ่งทั้งสามกระบวนการใช้เวลารวมกันไปถึง 8.04% ของเวลาทั้งหมดซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถปรับปรุงได้เมื่อพิจารณาจากพื้นที่ของสายการผลิต

4.2.3 **สรุประยะการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา**

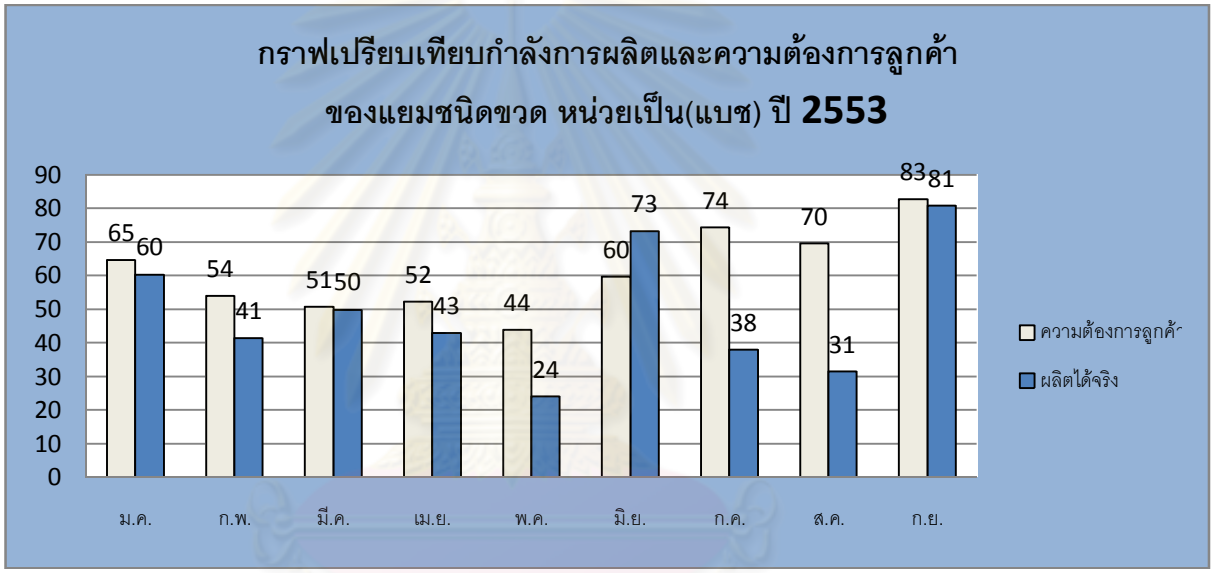
จากการศึกษากระบวนการผลิตว่ามีกระบวนการใดที่สูญเปล่า โดยพิจารณาปรับปรุงที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายเป็นหลัก เพราะเป็นกระบวนการที่สูญเปล่าและสามารถปรับปรุงได้โดยสามารถพิจารณากระบวนการทั้ง 2 ประเภทนี้จากแผนผังการไหลของกระบวนการ และพิจารณาดูเวลาการทำงานจากมากไปน้อยจากกราฟพาเรโต โดยกระบวนการประเภทล่าช้ามีอยู่ 1 กระบวนการ คือกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาไป 43.85% ต่อการผลิต/แบช และกระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการพนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก, พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต, และพนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใส โดยคิดรวมเวลาทั้งหมดเป็น 8.04% ต่อการผลิต/แบช จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไปถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุง

4.3 ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยจะทำการวิเคราะห์ถึงกระบวนการผลิตแยมทั้งหมดว่า กระบวนการต่างๆในสายการผลิตแยมกระบวนการใดที่เกิดความสูญเปล่า โดยจะทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ดังนี้

4.3.1 การวิเคราะห์สาเหตุของกระบวนการสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยม

วิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของความสูญเปล่าของสายการผลิตแยมและแผนผังการผลิตที่ไม่เหมาะสมเพื่อนำมาปรับปรุงโดยปัญหาแรกเริ่มมาจากกำลังการผลิตแยมไม่เพียงพอต่อตามต้องการของลูกค้า ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความต้องการลูกค้าและปริมาณที่ผลิตได้จริงของแยมชนิดขวด หน่วยเป็น (แบช) ตั้งแต่เดือน ม.ค.ถึงเดือน ก.ย. ปี 2553

จากรูปที่ 4.16เมื่อพิจารณาดูในแต่ละเดือนจะเห็นว่าปริมาณความต้องการแยมชนิดขวดของลูกค้ามีมากกว่าปริมาณกำลังการผลิตจริงอยู่ประมาณเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ซึ่ง เพราะการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์ ทำให้การผลิตแยมผลิตไม่ทันตามที่ลูกค้าต้องการ โดยสาเหตุมาจากในแต่ละกระบวนการผลิตมีความสูญเปล่าเกินจำเป็นซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการ หรือเกิดจากสายการผลิตไม่เหมาะสม

โดยแนวคิดในการวิเคราะห์เพื่อลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตมีแนวคิด ดังนี้

1. ลดรอบเวลาการทำงาน ให้น้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า
2. ลดกระบวนการประเภทล่าช้า และประเภทเคลื่อนย้าย
3. ทำการจัดสมดุลสายการผลิตให้เหมาะสม

ขั้นตอนที่ 1 ลดรอบเวลาการทำงานให้น้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าเพื่อให้สามารถผลิตแยมทันตามที่ลูกค้าต้องการมิฉะนั้นจะผลิตสินค้าไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า โดยจังหวะความต้องการของลูกค้า โดยคิดจากสมการที่ 4.1 (ธวัชชัย สุวรรณบุตรพิภา,2552)

จังหวะความต้องการของลูกค้า = เวลาที่ใช้ผลิตของโรงงาน/ความต้องการของลูกค้า (4.1)

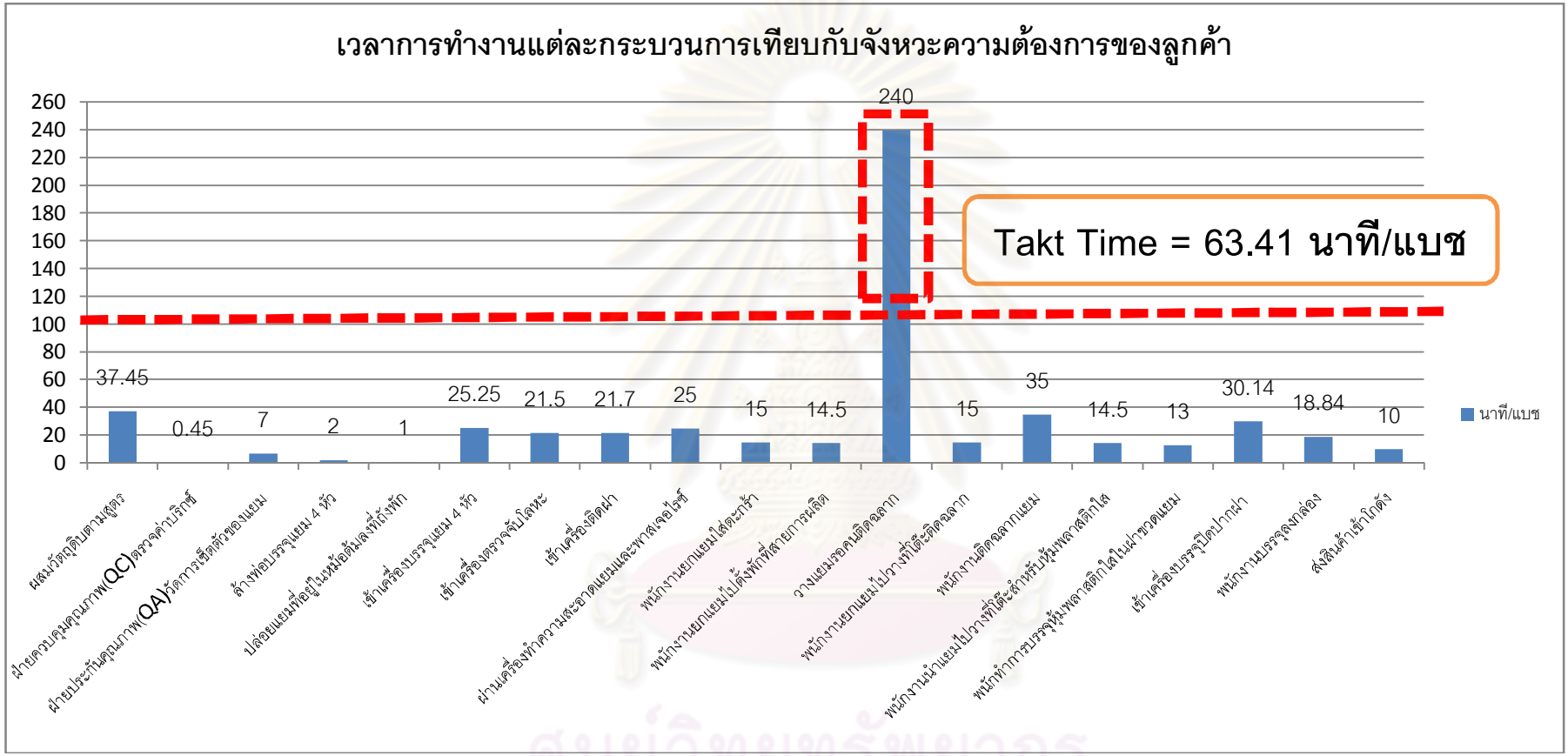
โดยจำนวนแยมที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ย 61 แบช/เดือน และพนักงานจะผลิตแยมเฉลี่ยวันละ 8 ชั่วโมง ซึ่งหักเวลาพักกลางวันแล้ว 30 นาที โดยจะผลิตแยมเดือนละ 12 วัน นอกจากนั้นต้องหักเวลาสูญเสียจากการปรับตั้งเครื่องจักร (Set Up Time) เป็น25% ของเวลาการผลิตจริง/เดือน จากนั้นนำมาคำนวณจากสมการที่ 4.1

Takt Time = [(8 ช.ม. x 60 นาที)x(12 วัน) x (0.75)]/(61 แบช/เดือน)≈70.45 นาที/แบช

จังหวะความต้องการของลูกค้า จะต้องการที่ 70.45 นาที/แบช ซึ่งถือเป็นเป้าหมาย แต่จะต้องทำให้รอบเวลาการทำงานมีค่าน้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าอีก 10% (Baudin,2009) เพราะจะต้องเผื่อเวลาสำหรับเครื่องจักรชำรุด (Break Down) เพื่อที่จะผลิตให้ทันตามที่ลูกค้าต้องการดังนั้นรอบเวลาผลิตที่ต้องทำให้ได้คือ

70.45x0.9 = 63.41 นาที/แบช

จากนั้นพิจารณาดูว่ามีกระบวนการใดที่มีรอบเวลายาวนานกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าหรือเป้าหมายของทางโรงงานซึ่งคือ 63.41 นาที/แบช ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 กราฟจังหวะความต้องการลูกค้าเทียบกับเวลาการทำงานของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน

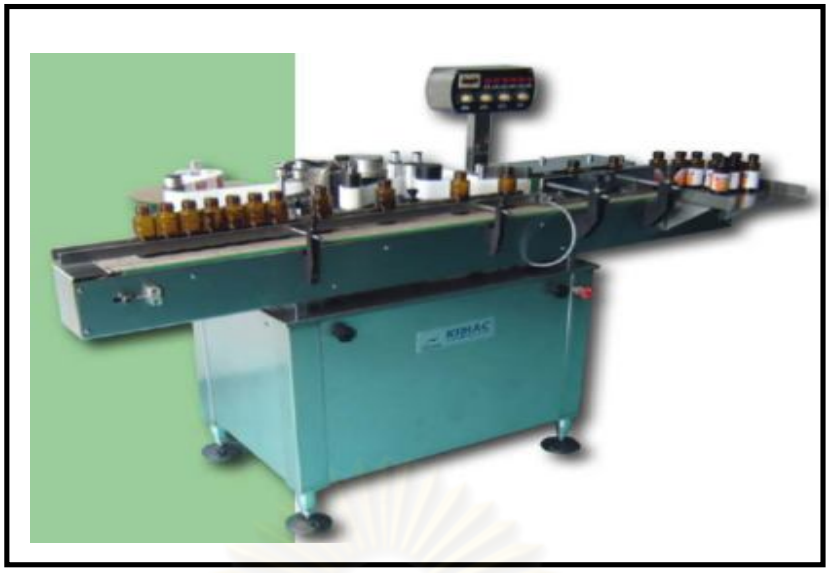
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ 2 เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.17จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตแยมในปัจจุบันนั้นมีกระบวนการที่ใช้เวลานานเกินกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า 1 กระบวนการคือกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากที่ใช้เวลาถึง 240 นาที ซึ่งมากกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าโดยเป็นกระบวนการประเภทล่าช้า และสาเหตุที่ต้องรอก็มาจากแยมที่ออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์นั้นทำให้ขวดแยมมีความร้อนและเปียกน้ำส่งผลให้พนักงานไม่สามารถนำมาติดฉลากได้ต้องนำไปตั้งพักไว้ 240 นาทีเพื่อให้แยมแห้งและเย็นตัวลงโดยต้องเสียเวลาสูญเปล่าไปถึง 240 นาที

ดังนั้นจึงได้พิจารณานำเครื่องจักรมาแทนที่เพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น โดยนำเครื่องเป่าแห้ง (Air-Brad) และเครื่องติดฉลาก (Wrap-around Labeler Machine) มาทำงานเพราะการนำเครื่องจักรเข้ามาช่วยการทำงานจะช่วยลดกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลาก 240 นาทีแต่จะต้องทำการพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการลงทุนด้วยระยะเวลาการคืนทุน (Pay-Back Period) โดยเครื่องเป่าแห้งจะทำการเป่าขวดแยมที่ออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อให้แยมแห้งและเย็นตัวลงจากนั้นจะเข้าเครื่องติดฉลากเพื่อติดฉลากแยมต่อทันที โดยจะทำการเลือกพิจารณาจากตัวแทนจำหน่ายเครื่อง (Supplier) ทั้ง 3 ยี่ห้อ แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพอากาศในสายการผลิตแยมและอัตราการทำงาน โดยคุณสมบัติของเครื่องติดฉลากทั้ง 3 ยี่ห้อมีดังนี้

รูปที่ 4.18 เครื่องติดฉลากแบบที่ 1

Automatic Wrap-around Labeler Machine Alphapackรุ่น ALB-510



รูปที่ 4.19 เครื่องติดฉลากแบบที่ 2

Wrap around labeller with Hostamp coder Easilabel HTB400

รูปที่ 4.20 เครื่องติดฉลากแบบที่3

High-Speed Round Labeling Machine DLB-3000P

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเปรียบเทียบของเครื่องติดฉลาก 3 แบบ

รุ่นของเครื่องติดฉลาก	ขนาดของฉลาก			เส้นผ่าศูนย์กลางม้วนฉลาก		อุณหภูมิการทำงาน	อัตราการทำงาน(เมตร/นาที)	อายุการใช้งาน(ปี)	ราคา(บาท)
	กว้าง	ยาว	สูง	ด้านใน	ด้านนอก				
แบบที่ 1	10-180 มม.	10-300 มม.	10-120 มม.	76 มม.	360 มม.	5-40 องศาเซลเซียส	12-35	5	567,000
แบบที่ 2	10-100 มม.	10-160 มม.	10-110 มม.	75 มม.	300 มม.	5-35 องศาเซลเซียส	0-30	5	550,000
แบบที่ 3	10-150 มม.	10-250 มม.	10-120 มม.	75 มม.	300 มม.	5-35 องศาเซลเซียส	0-25	5	560,000

จากตารางที่ 4.1 เมื่อนำมาพิจารณาถึงคุณสมบัติของเครื่องติดฉลากทั้ง 3 แบบ เมื่อพิจารณาถึงลักษณะที่จะนำมาใช้แต่ละเครื่องจักรจะพบว่าเครื่องติดฉลากแบบที่ 1 นั้นสามารถใช้กับฉลากที่มีขนาดทั้งความกว้าง, ยาว, และสูง ที่มากกว่าเครื่องติดฉลากแบบที่ 2 และ 3 เพราะสายการผลิตแยมนี้จะผลิตแยมชนิดขวดหลายขนาด เพราะแยมแต่ละขนาดจะใช้ฉลากที่ติดไม่เท่ากัน และอัตราการทำงานของเครื่องติดฉลากแบบที่ 1 ก็มีอัตราการทำงานที่เร็วกว่าเครื่องติดฉลากทั้งแบบที่ 2 และ 3 และเมื่อพิจารณาถึงราคาที่เครื่องติดฉลากแบบที่ 1 ถึงแม้จะแพงกว่าเครื่องแบบที่ 2 และ 3 แต่ก็แพงกว่าไม่มาก และยังสามารถทำงานที่อุณหภูมิที่มากกว่าทั้งเครื่องแบบที่ 2 และ 3 เพราะในสายการผลิตแยมนั้นอุณหภูมิภายในจะแปรปรวนค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงตัดสินใจใช้เครื่องจักรแบบที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

168

เมื่อทำการเลือกเครื่องจักรแบบที่ 1 แล้วมาทำการพิจารณาดูระยะคืนทุน เพื่อดูว่าเมื่อทำการซื้อเครื่องติดฉลากมาแทนที่พนักงานติดฉลากแล้วจะพิจารณาดูระยะเวลาที่สามารถคืนทุนโดยอย่างน้อยต้องน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักร

โดยเมื่อมีการนำเครื่องจักรเข้ามาแทนที่กระบวนการเดิม โดยจากเดิมที่ต้องใช้พนักงานติดฉลากแยมจะต้องเสียค่าจ้างแรงงานคนทั้ง 7 คนเป็นมูลค่า 17,304 บาท/เดือน โดยคิดตามสัดส่วนเวลาที่ทำการผลิต 3 วัน/สัปดาห์ และการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตได้เฉลี่ย 72,384 ขวด/เดือน หรือประมาณ 52 แบช/เดือน ซึ่งคิดเป็นค่าจ้างพนักงานติดฉลากต่อขวดประมาณคือ 0.26 บาท/ขวด

แต่หลังจากนำเครื่องติดฉลากมาแทนที่ก็ทำให้การผลิตแยมมากขึ้นคิดเป็นประมาณ 250,260 ขวด/เดือน และค่าต้นทุนดำเนินการผลิต (Operating Cost) ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าของเครื่องติดฉลากที่ใช้คือ 4000 กิโลวัตต์ (kW)/เดือน และราคาต่อหน่วยไฟฟ้าคือ 5 บาท (ฟิสิกส์ราชมงคล. กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า มาตรไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า, 2552) ทำให้ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าของเครื่องติดฉลากคิดเป็น 4000x5 = 20,000 บาท และเมื่อนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อขวดจะคิดได้ประมาณ 0.08 บาท/ขวด

จากราคาต้นทุนที่ลดลงของการเปลี่ยนนำเครื่องติดฉลากมาแทนที่พนักงานทำให้ลดต้นทุนการผลิตจากเดิมได้จาก 0.26-0.08 = 0.18 บาท/ขวด และหลังจากเปลี่ยนมาเป็นเครื่องติดฉลากก็สามารถผลิตแยมได้เพิ่มขึ้นเป็น 250,260 ขวด/เดือน หรือประมาณ 180 แบช/เดือน

ซึ่งเมื่อเทียบกับความต้องการของลูกค้าที่ต้องการเฉลี่ยต่อเดือน 84,912 ขวด หรือประมาณ 61 แบช/เดือน ก็สามารถคิดผลกำไรจากการขายและต้นทุนที่ลดลงต่อเดือน คือ

ผลกำไร = {[(ปริมาณที่ลูกค้าต้องการ 84,912 ขวด)-(ปริมาณที่ผลิตได้ก่อนปรับปรุง72,384 ขวด)] x [(กำไรจากการขายแยม/ขวด 5.5 บาท) + (ผลประหยัดต่อขวด 0.18 บาท)]} = 71,159 บาท/เดือน

ดังนั้นทำให้ได้กำไรจากการปรับปรุงครั้งนี้เป็น 71,159 บาท/เดือน จากนั้นนำมาแทนค่าในสมการที่ 4.2 (Blank and Tarquin, 2008)

$$P = A\left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}\right] \qquad (4.2)$$

โดย

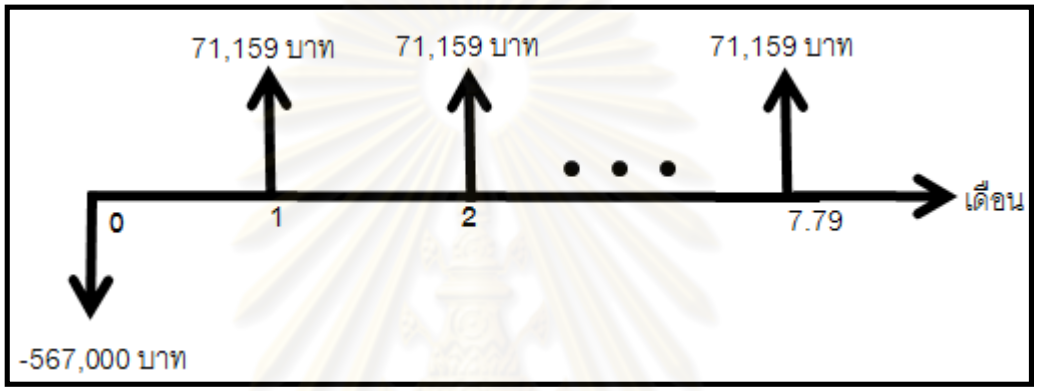
P คือ เงินลงทุนที่ซื้อเครื่องติดฉลากในราคา 567,000 บาท

A คือ ผลกำไรที่ได้ต่อเดือน 71,159บาท

i คือ ดอกเบี้ยคิดที่ 8% ต่อเดือน

n คือ ระยะเวลาคืนทุน/เดือน

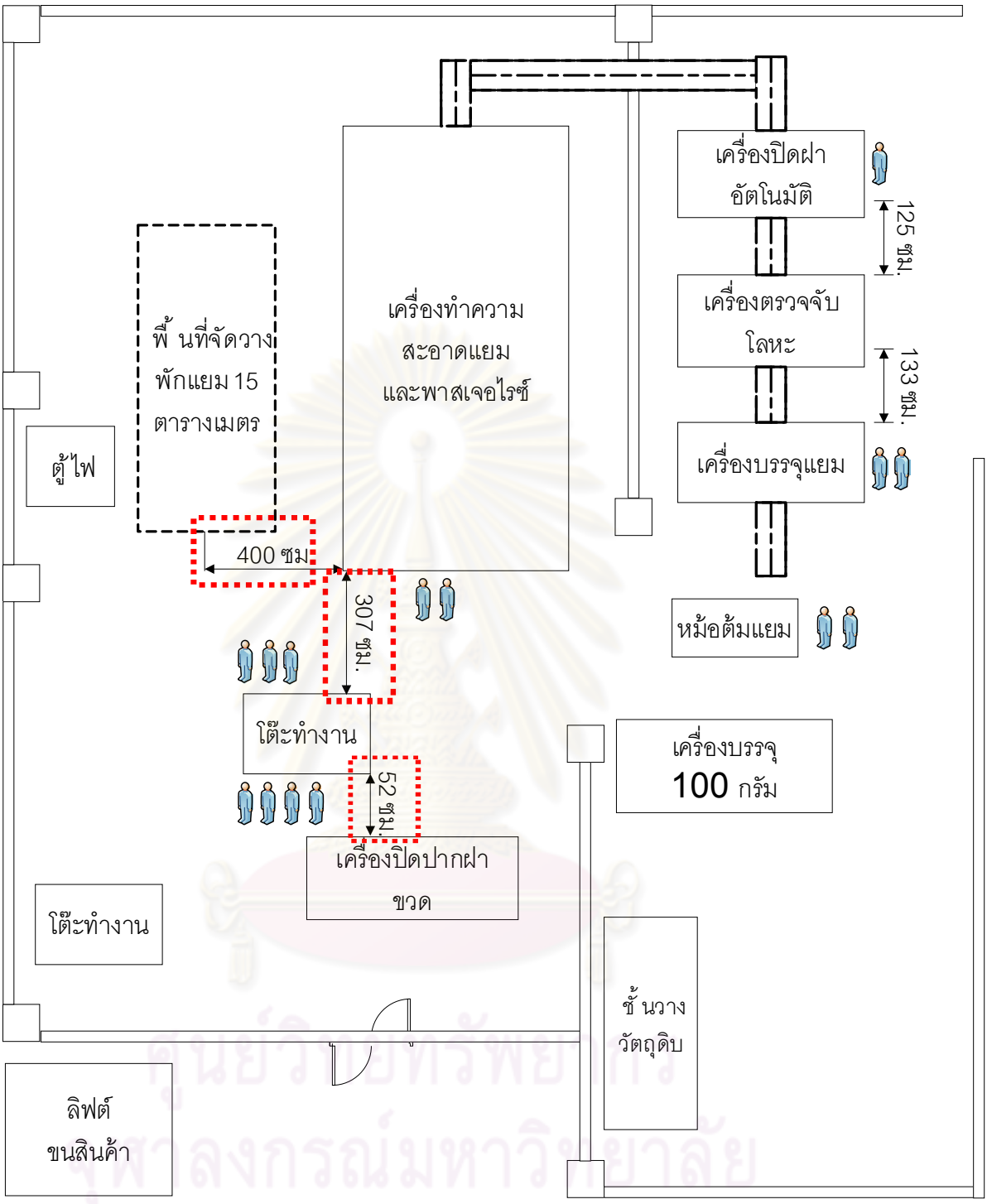
โดยเมื่อทำการแทนค่าในสมการที่ 4.2 แล้วนั้นระยะเวลาคืนทุนคือ 7.79เดือนหรือประมาณ 0.65 ปี ซึ่งน้อยกว่าอายุการใช้งานของเครื่องจักรอยู่ที่ 5 ปี ดังนั้นถือว่าคุ้มค่าที่จะลงทุน ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กราฟระยะเวลาคืนทุนเครื่องติดฉลาก

นอกจากนั้นจะพิจารณาถึงสายการผลิตแยมที่ทำให้กระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายเป็นกระบวนการที่สูญเปล่าโดยจะพิจารณาจากแผนผังสายการผลิตแยม ดังรูปที่ 4.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.22 แผนผังของกระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายที่สูญเปล่า

จากรูปที่ 4.22 พบว่ากระบวนการประเภทเคลื่อนย้าย มีความสูญเปล่าอยู่ 3 กระบวนการ คือ

1. พนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก
2. พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต
3. พนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใส

ซึ่งจากทั้ง 3 กระบวนการ คิดรวมเป็นเวลาที่ใช้ไปประมาณ 8.04% ของเวลาผลิตทั้งหมดต่อการผลิตแยม1 แบช เพราะแยมที่ออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ พนักงานต้องนำแยมเคลื่อนย้ายเป็นระยะทาง 400 เซนติเมตร เพื่อไปวางพักไว้รอให้แยมแห้งและเย็นตัวลง จากนั้นพนักงานต้องเคลื่อนย้ายแยมเป็นระยะทาง 307 เซนติเมตร ไปที่โต๊ะเพื่อติดฉลาก และเมื่อติดฉลากเสร็จพนักงานจะนำแยมเคลื่อนย้ายเป็นระยะทาง 52 เซนติเมตร ไปที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใสต่อไป ซึ่งหลังจากพิจารณาแล้วพบว่าระยะทางที่ต้องเคลื่อนย้ายนั้นสูญเปล่าเกินจำเป็นและสามารถปรับปรุงได้ด้วยการนำสายการผลิตมาต่อกันให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 3 เมื่อจัดสายการผลิตให้เป็นแบบต่อเนื่องแล้วจึงจัดสมดุลสายการผลิตให้เหมาะสมต่อไป โดยพิจารณาจากกราฟจังหวะความต้องการลูกค้าเทียบกับรอบกระบวนการผลิตของกระบวนการผลิตแยมที่ทำการปรับปรุงแล้ว

4.3.2 สรุประยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแยมที่สูญเปล่า โดยพิจารณาไปที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายซึ่งพบว่ากระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาการทำงาน 240 นาที/แบช เกินกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าต้องการหรือเป้าหมายการผลิตของโรงงานที่ 63.41 นาที/แบช อยู่กระบวนการเดียว และพบว่าสายการผลิตนั้นมีการกระบวนการทำงานที่ไม่ต่อเนื่องทำให้ต้องเสียเวลาเคลื่อนย้ายคิดเป็นเวลาที่ใช้ไป 8.04%ของเวลาผลิตทั้งหมด/แบช ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลาก และทำการปรับปรุงสายการผลิตในปัจจุบันโดยใช้โดยใช้เครื่องเป่าแห้ง, เครื่องติดฉลาก และการต่อสายพานถึงกันให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง

4.4 ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

หลังจากที่ทราบปัญหาของกระบวนการผลิตแยมที่ทำให้ผลิตไม่ได้ตามปริมาณความต้องการของลูกค้าและเมื่อทำการพิจารณาแล้วจะเห็นว่ากระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาการทำงานมากกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้า ดังนั้นจึงทำการปรับปรุงที่กระบวนการนี้ หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์กระบวนการประเภทอื่นพบว่ากระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายเป็นกระบวนการที่เกิดความสูญเปล่าจากการต่อสายการผลิตที่ไม่เหมาะสมทำให้ต้องสูญเสียเวลาและพนักงานเคลื่อนย้ายเกินความจำเป็น ส่วนกระบวนการประเภทอื่นเมื่อทำการพิจารณาแล้วพบว่ายังไม่เหมาะสมต่อการปรับปรุง

4.4.1 การปรับปรุงการลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

สาเหตุที่กระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากใช้เวลาถึง 240 นาที/แบชนั้น เพราะว่าแยมที่ออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์จะยังไม่สามารถทำการติดฉลากได้ทันทีเพราะแยมมีความร้อนและยังเปียกน้ำทำให้ต้องตั้งวางพักไว้ 240 นาที ดังนั้นจากการพิจารณาแล้วจึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการนี้โดยการนำเครื่องจักรเข้ามาแทนที่ โดยได้ทำการพิจารณาเลือกจากเกณฑ์คุณสมบัติต่างๆของเครื่องจักรและได้ทำการเพิ่มเครื่องเป่าแห้ง เข้ามาต่อท้ายที่เครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อทำการเป่าแยมให้แห้งไม่ให้เปียกน้ำ และทำให้แยมลดความร้อนลงสำหรับต่อเข้าเครื่องติดฉลากทันทีเพื่อให้การทำงานของกระบวนการเป็นไปอย่างต่อเนื่อง จึงสรุปสภาพปัญหาและผลจากการปรับปรุงด้วยการนำเครื่องจักรเข้ามาแทนที่ ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.2 ภาพก่อนและหลังของการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งเครื่องเป่าแห้ง

สภาพก่อนปรับปรุง	สภาพหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 4.2 สรุปสภาพปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ทำการปรับปรุง ดังนี้

สภาพปัญหา

- หลังจากที่แยมออกมาจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์แล้วนั้น ก็จะมีพนักงานนำแยมเหล่านั้นไปตั้งวางพักไว้ 240 นาที/แบช เพื่อให้แยมแห้งและเย็นตัวลงเพื่อให้พนักงานติดฉลากได้ ซึ่งจากการที่ต้องรอแยมถึง 240 นาที ทำให้ไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและเป็นเวลาสูญเปล่าจำนวนมาก เพราะในสายการผลิตนั้นจะสามารถวางพักแยมเพื่อรอให้เย็นและแห้งได้ประมาณ 4 แบช ดังนั้นเมื่อจะทำการผลิตแยมแบชที่ 5 ออกมาก็จะไม่สามารถผลิตต่อได้เพราะไม่มีพื้นที่ในการจัดเก็บวางพักแยม

ผลลัพธ์หลังการปรับปรุง

- เมื่อนำเครื่องเป่าแห้งมาต่อท้ายเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ก็สามารถเป่าแยมให้แห้งและเย็นตัวลงทำให้สามารถนำไปเข้ากระบวนการต่อไปได้ทันทีโดยใช้เวลาทำงาน 25 นาที/แบช ทำให้ไม่ต้องเสียเวลานำไปวางพักไว้ถึง 240 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับปรุงครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.3 ภาพก่อนและหลังของการปรับปรุงกระบวนการติดตั้งเครื่องติดฉลาก

สภาพก่อนปรับปรุง	สภาพหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 4.3 สรุปสภาพปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้ทำการปรับปรุง ดังนี้

สภาพปัญหา

- จากเดิมหลังจากที่แยมวางพักไว้ 240 นาที แล้วพนักงานก็จะนำแยมเหล่านั้นมาติดฉลาก ซึ่งจากการที่ใช้คนติดฉลากนั้นทำให้เกิดแยมที่ติดฉลากไม่ได้มาตรฐานอยู่ประมาณ 3.79% ต่อเดือน เนื่องจากความผิดพลาดจากตัวพนักงานเองที่ต้องนั่งติดฉลากเป็นเวลานานและอัตราการทำงานที่กระบวนการนี้ประมาณ 35 นาที/แบช

ผลลัพธ์หลังการปรับปรุง

- เมื่อนำเครื่องติดฉลากมาต่อเข้ากับเครื่องเป่าแห้งเพื่อให้แยมสามารถผ่านเข้าติดฉลากได้ทันที ซึ่งหลังจากการที่นำเครื่องติดฉลากมาต่อแล้วนั้นทำให้ลดแยมที่ติดฉลากไม่ได้มาตรฐานลดลงเหลือ 1.12% ต่อเดือน และการทำงานของกระบวนการนี้ลดลงเหลือประมาณ 25.05 นาที/แบช ซึ่งทำงานได้เร็วขึ้นกว่ากระบวนการเดิม 9.95 นาทีและสามารถลดจำนวนพนักงานติดฉลากแยมลงได้

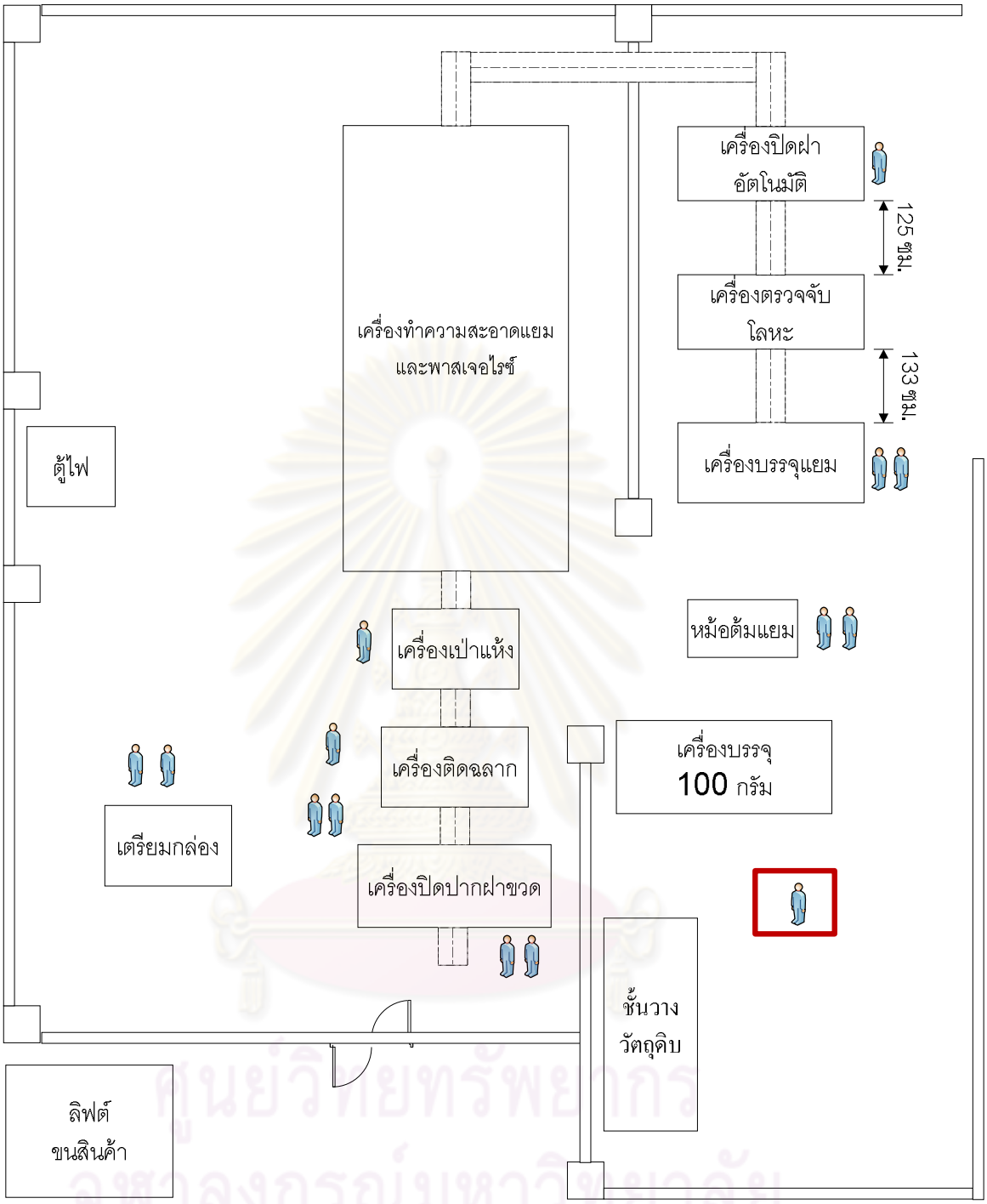
โดยหลังจากทำการติดตั้งเครื่องเป่าแห้งและเครื่องติดฉลากแล้วนั้น ทำให้ไม่ต้องนำแยมไปตั้งพักไว้ที่พื้นที่สายการผลิต โดยจากเดิมต้องเสียไป 15 ตารางเมตร แต่หลังปรับปรุงโดยการนำเครื่องจักรมาต่อเป็นเส้นตรงต่อจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ทำให้พื้นที่ในสายการผลิตจากเดิมที่วางพักแยมก็ไม่ต้องนำแยมไปตั้งพักอีก ดังนั้นพื้นที่ที่แต่เดิมใช้วางพักแยม 15 ตารางเมตร ลดลงเหลือ 0 ตารางเมตร

จากกระบวนการผลิตเดิมนั้นที่มีเวลาสูญเปล่าจากกระบวนการประเภทเคลื่อนย้าย 3 อยู่กระบวนการ ดังนี้

- พนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก คิดเป็น 2.74% ของเวลาทั้งหมด
- พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต คิดเป็น 2.65% ของเวลาทั้งหมด
- พนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใสคิดเป็น 2.65% ของเวลาทั้งหมด

ซึ่งจากทั้ง 3 กระบวนการนั้นคิดรวมเป็นเวลาที่ใช้ไปประมาณ 8.04% ของเวลาผลิตทั้งหมดต่อการผลิตแยม 1 แบช ซึ่งได้วิเคราะห์แล้วว่าระยะทางที่ต้องเคลื่อนย้ายนั้นสูญเปล่าเกินจำเป็นและสามารถปรับปรุงได้ด้วยการนำสายการผลิตมาต่อกันให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ดังรูปที่ 4.23

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.23 แผนผังของกระบวนผลิตแยมหลังปรับปรุงแล้ว

จากรูปที่ 4.23 นั้นจะพบว่าหลังจากการที่ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วนั้นทำให้สายการผลิตแยมมีความต่อเนื่องและสามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น โดยที่จากเดิมต้องเสียเวลาสูญเปล่าและพนักงานต้องมาทำการเคลื่อนย้ายแยมไปมาระหว่างสายการผลิตก็สามารถทำให้ลด

พนักงานในส่วนของกระบวนการนี้ไปทำงานอย่างอื่นที่เหมาะสมได้โดยขั้นตอนการปรับปรุงให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง ดังนี้

1. นำเครื่องเป่าแห้งมาต่อจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อทำการเป่าแยมที่ออกมาให้แห้งสำหรับนำไปเข้าเครื่องติดฉลากต่อเนื่องได้ทันที ซึ่งจากเดิมที่ต้องใช้พนักงานยกแยมออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์มาใส่ตะกร้าโดยใช้เวลาประมาณ 15 นาที/แบช และจากนั้นก็นำแยมไปวางพักไว้ 240 นาที เพื่อให้แยมแห้งและเย็นตัวลง เพื่อให้พนักงานติดฉลากแยมได้ แต่หลังจากมีเครื่องเป่าแห้งก็สามารถลดแรงงานพนักงานเคลื่อนย้ายลงไปได้โดยแสดงเครื่องเป่าแห้งที่ทำการติดตั้ง ดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 การติดตั้งเครื่องเป่าแห้ง

2. แยมที่ออกจากเครื่องเป่าแห้งนั้นก็จะถูกต่อด้วยสายพานไปเข้าเครื่องติดฉลากทันที ซึ่งจากเดิมที่ต้องใช้พนักงานในการเคลื่อนย้ายแยมหลังจากที่วางพักไว้ 240 นาที มายังโต๊ะติดฉลากโดยใช้เวลาเคลื่อนย้ายประมาณ 15 นาที/แบช แต่หลังจากมีเครื่องติดฉลากก็สามารถลดแรงงานพนักงานเคลื่อนย้ายลงไปได้ โดยแสดงเครื่องติดฉลากที่ทำการติดตั้ง ดังรูปที่ 4.25

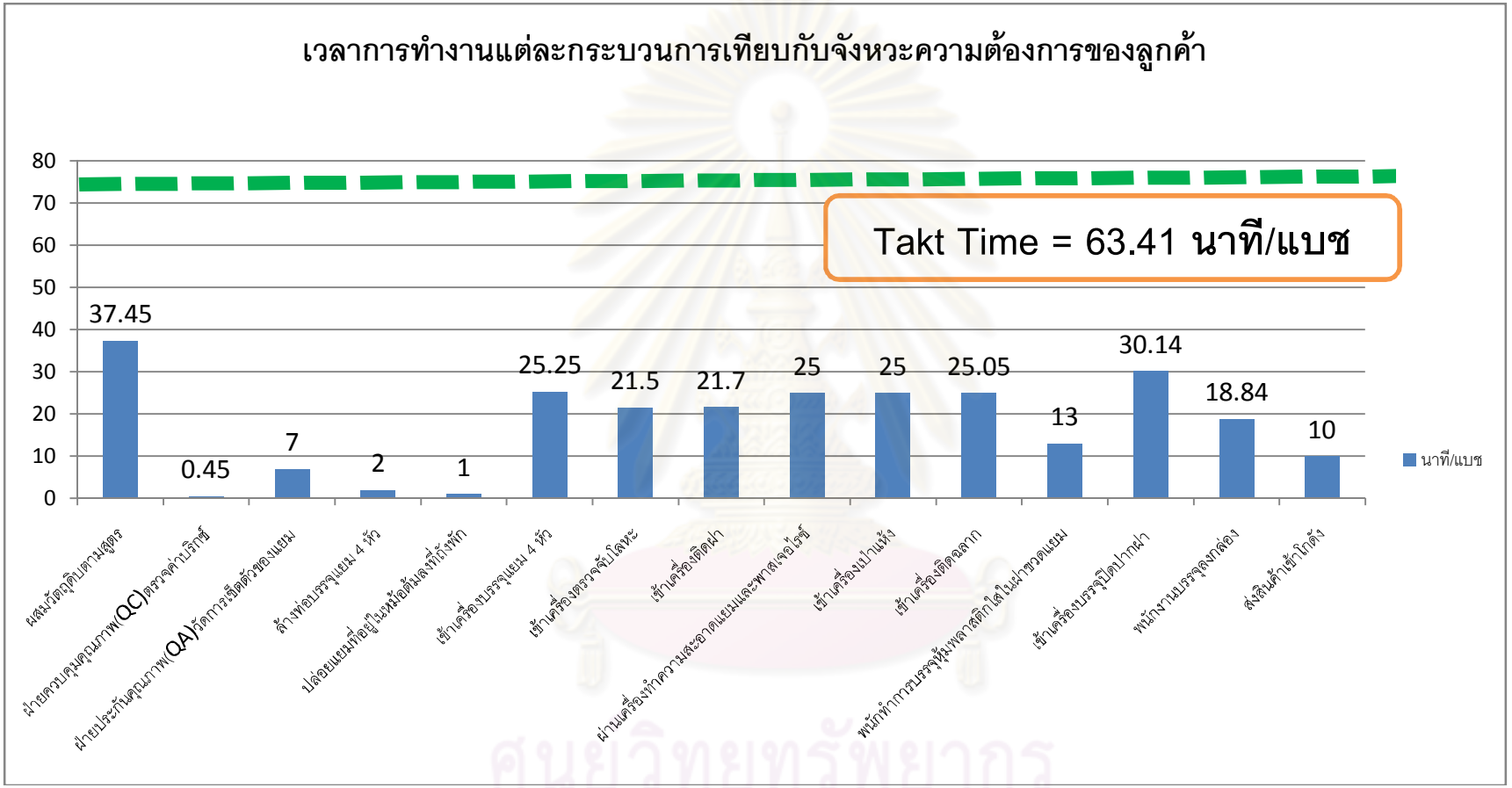
รูปที่ 4.25 การติดตั้งเครื่องติดฉลาก

3. แยมที่ออกจากเครื่องติดฉลากจากเดิมต้องใช้พนักงานยกไปที่โต๊ะทำงาน โดยใช้เวลาเคลื่อนย้ายประมาณ 14.5 นาที/แบช เพื่อให้พนักงานหุ้มพลาสติกใสฝาขวดแยมและเข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝา ซึ่งหลังจากการต่อสายพานลำเลียงเชื่อมต่อไปที่โต๊ะทำงานเพื่อให้พนักงานหุ้มพลาสติกใสฝาขวดและส่งไปยังเครื่องบรรจุปิดปากฝาทันทีก็สามารถลดแรงงานพนักงานที่ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายและยังทำให้กระบวนการทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วมากขึ้น ดังรูปที่ 4.26

รูปที่ 4.26 การเชื่อมสายพานเข้ากับเครื่องบรรจุปิดปากฝา

โดยหลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการแล้วทั้งจากการที่นำเครื่องเป่าแห้งและเครื่องติดฉลากมาแทนที่กระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากกับกระบวนการใช้พนักงานติดฉลากแยม และการปรับปรุงสายการผลิตให้มีความต่อเนื่องมากขึ้นแล้ว ต่อไปนี้จะพิจารณาผลการปรับปรุงที่ได้โดยพิจารณาจังหวะจากความต้องการของลูกค้าเทียบกับเวลาการทำงานที่ปรับปรุงแล้วพบผลดังรูปที่ 4.27

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.27 กราฟจังหวะความต้องการลูกค้าเทียบกับเวลาการทำงานของกระบวนการผลิตหลังปรับปรุงแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.27 หลังจากที่ทำการปรับปรุงกระบวนการแล้วนั้นจะเห็นว่าเวลาการทำงานแต่ละกระบวนการจะน้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าที่ 63.41 นาที/แบช ซึ่งถือว่าการปรับปรุงครั้งนี้สามารถทำให้กระบวนการผลิตจริงนั้นสามารถผลิตได้เร็วกว่าความต้องการของลูกค้า และพบว่าเวลาการทำงานในแต่ละกระบวนการนั้นน้อยกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าค่อนข้างมาก ซึ่งสาเหตุมาจากปริมาณความต้องการของลูกค้าซึ่งน้อยกว่าปริมาณที่ผลิตได้จริงของโรงงาน

โดยหลังจากนำเครื่องเป่าแห้งและเครื่องติดฉลากมาต่อที่สายการผลิต และปรับปรุงให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง จากกระบวนการผลิตเดิมจะมีพนักงาน 7 คนทำหน้าที่ช่วยกันติดฉลากและหุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยม ก็จะถูกแยกออกมาประจำหน้าที่แต่ละกระบวนการ โดยพนักงาน 2 คนทำหน้าที่หุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยมและพนักงานอีก 4คน โดยสองคนแรกทำหน้าที่พับกล่องรอบบรรจุ และพนักงานคนที่สามทำหน้าที่รับขวดแยมที่ผ่านการเข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝาแล้ว ส่งต่อมาที่พนักงานคนที่สี่ก็คือพนักงานบรรจุแยมลงกล่อง ทำให้สามารถทำให้ลดจำนวนพนักงานจาก 7 คน เหลือ 6 คน ซึ่งรวมแล้วมีพนักงานในสายการผลิตแยมทั้งหมด 13 คน โดยลดพนักงานลงจากเดิมที่ใช้ 14 คน เพราะว่าการปรับปรุงครั้งนี้มุ่งเน้นที่ลดเวลาสูญเปล่าเพื่อทำให้กำลังการผลิตจริงของทางโรงงานผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้า

ส่วนจำนวนพนักงานที่ลดลงได้เพียง 1 คน เพราะว่าหลังจากทำการติดตั้งเครื่องเป่าแห้ง เครื่องติดฉลาก และจัดสายการผลิตแบบต่อเนื่องไปแล้วนั้น พนักงานจะถูกแบ่งหน้าที่อย่างชัดเจนให้ประจำแต่และกระบวนการซึ่งจากเดิมจะให้พนักงานช่วยกันทำหน้าที่ที่กระบวนการติดฉลากและกระบวนการหุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยม โดยได้ทำการเปรียบเทียบชั่วโมงการทำงานของพนักงานทั้งก่อนและหลังปรับปรุง โดยที่ก่อนปรับปรุงของกระบวนการเดิมซึ่งจะคิดเวลาหลังจากแยมออกจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ ใช้ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน (Man-Hour) ไป 405.98 นาทีหรือ 6.76 ชั่วโมง แต่หลังจากปรับปรุงใช้เวลา 122.03 นาทีหรือ 2.03 ชั่วโมง โดยสาเหตุที่เริ่มคิดชั่วโมงการทำงานของพนักงานหลังจากกระบวนการเข้าเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพราะว่าการปรับปรุงทั้งหมดของงานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงกระบวนการที่ต่อจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์

ดังนั้นจึงพิจารณาการจัดสมดุลของพนักงานในสายการผลิตแยม ดังนี้

1. ผสมวัตถุดิบ ใช้เวลาการทำงาน 37.45 นาที/แบช โดยมีพนักงาน 2 คนทำหน้าที่ตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบและผสมวัตถุดิบ
2. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ(QC)ตรวจค่าบริกซ์ใช้เวลาการทำงาน 0.45 นาที/แบช โดยจะมีพนักงานจากแผนก QC 1 คนทำหน้าที่ตรวจค่าบริกซ์ของแยม

3. ฝ่ายประกันคุณภาพ(QA) วัดการเซ็ตตัวของแยมใช้เวลาการทำงาน 7 นาที/แบช โดยจะมีพนักงานจากแผนก QA 1 คนทำหน้าที่ตรวจการเซ็ตตัวของแยม

4. ล้างท่อบรรจุแยม 4 หัวใช้เวลาการทำงาน 2 นาที/แบช โดยมีพนักงาน 2 คนทำหน้าที่ช่วยกันล้างท่อบรรจุแยม 4 หัว ให้สะอาดก่อนทำการบรรจุแยมจริงโดยพนักงาน 2 คนนี้หลังจากล้างท่อเสร็จก็จะไปทำหน้าที่ดูแลเครื่องบรรจุ 4 หัว

5. ปล่อยแยมที่อยู่ในหม้อต้มลงที่ถังพัก ใช้เวลาการทำงาน 1 นาที/แบช โดยมีพนักงาน 1 คนจากกระบวนการผสมวัตถุดิบทำหน้าที่ปล่อยแยมไปที่ถังพัก

6. เข้าเครื่องบรรจุ 4 หัว ใช้เวลาการทำงาน 25.25 นาที/แบช โดยมีพนักงาน 2 คนคือพนักงานคนแรกทำการลำเลียงขวดแยมเข้าเครื่องบรรจุ 4 หัว และพนักงานคนที่สองทำหน้าที่ปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับปริมาณแยมที่ลงขวดให้พอดีและดูแลความเรียบร้อยของแยมที่ผ่านการบรรจุและแก้ไขปัญหาหากแยมที่บรรจุมีการล้นหรือขาดหายไปไม่เต็มขวดแยม

7. เข้าเครื่องตรวจจับโลหะใช้เวลาการทำงาน 21.5 นาที/แบช กระบวนนี้จะไม่มีพนักงานดูแลเพราะว่าเครื่องตรวจจับโลหะจะเหมือนเป็นตัวเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะที่ทำงานอัตโนมัติและจะส่งเสียงเตือนเมื่อพอโลหะในขวดแยม

8. เข้าเครื่องติดฝาใช้เวลาการทำงาน 21.7 นาที/แบช จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูความเรียบร้อยไม่ให้ขวดแยมมีการเบียดจนแน่นมากเกินไป

9. ผ่านเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์ใช้เวลาการทำงาน 25 นาที/แบช ในกระบวนนี้จะไม่มีพนักงานดูแลเพราะแยมที่ออกจากเครื่องนี้จะถูกต่อสายพานเข้ากับเครื่องเป่าแห้งต่อทันที

10. เข้าเครื่องเป่าแห้งใช้เวลาการทำงาน 25 นาที/แบช จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูแลความเรียบร้อยของแยมที่ออกมาจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อเข้าเครื่องเป่าแห้ง และคอยตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องเป่าแห้ง

11. เข้าเครื่องติดฉลากใช้เวลาการทำงาน 25.05 นาที/แบช จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูแลความเรียบร้อยของขวดที่ผ่านการติดฉลาก และคอยตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องติดฉลาก

12. พนักทำการบรรจุหุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยมใช้เวลาการทำงาน 25.05 นาที/แบช จะมีพนักงาน 2 คน ช่วยกันหุ้มพลาสติกใสฝาขวดของแยมที่ออกมาจากเครื่องติดฉลากและส่งต่อขวดแยมไปที่เครื่องบรรจุปิดปากฝาต่อไป

13. เข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝาใช้เวลาการทำงาน 30.14 นาที/แบช จะมีพนักงาน 4 คน โดยคนแรกทำหน้าที่รับขวดแยมที่ผ่านการเข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝาแล้ว ส่งต่อมาที่พนักงานคนที่สองก็คือพนักงานบรรจุแยมลงกล่องทำหน้าที่นำแยมมาบรรจุลงกล่องโดยพนักงานคนที่สามและคนที่สี่ทำหน้าที่ช่วยกันพับกล่องให้พร้อมสำหรับการบรรจุแยม

14. ส่งสินค้าเข้าโกดัง ใช้เวลาการทำงาน 10 นาที/แบช จะมีพนักงานภายนอกทำหน้าที่ขนแยมที่บรรจุลงกล่องเข้าโกดัง

จากการพิจารณาพนักงานที่ทำหน้าที่แต่ละกระบวนการพบว่าแต่ละบวนการที่มีพนักงานทำหน้าที่สามารถสรุปแนวทางการจัดสมดุลพนักงาน ดังนี้

1. โดยจะเห็นว่าทุกกระบวนการในสายการผลิตแยมนั้นล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยการทำงานของเครื่องจักรที่มีรอบการทำงานของตัวเครื่องจักรเอง หรือจะเป็นกระบวนการเตรียมวัตถุดิบก็ต้องเตรียมและผสมวัตถุดิบให้ได้ตามสูตรของทางโรงงานดังนั้นพนักงานที่ทำหน้าที่ดูแลในแต่กระบวนการจึงถือว่าเหมาะสมแล้ว ถึงแม้จะมีพนักงานมาช่วยทำงานมากขึ้นก็ไม่สามารถทำให้เวลาการทำงานกระบวนการนี้ลดลง
2. ควรนำพนักงานในแต่ละสายการผลิตมาทำการฝึกฝนให้สามารถทำงานได้หลากหลายและสามารถทดแทนการทำงานของกระบวนการอื่นได้เพื่อความยืดหยุ่นในการทำงานและผลัดเปลี่ยนการทำงานได้ในกรณีที่พนักงานประจำกระบวนการนั้นไม่อยู่

จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมาทั้งหมดนั้นทำให้สามารถลดเวลาสูญเปล่าโดยมีข้อจำกัดที่ว่าต้องลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ ที่การผลิตสัปดาห์ละไม่เกิน3 วัน

4.4.2 **สรุประยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ**

หลังจากที่ทำการลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วนั้น ได้ทำให้สายการผลิตแยมมีเวลาในการทำงานทั้งหมดน้อยลง และทำงานได้รวดเร็วมีความต่อเนื่องมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลของการปรับปรุงทั้งหมด ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปผลลัพธ์ของการปรับปรุง

ผลลัพธ์	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
รอบเวลาการทำงานทั้งหมด	9.12 ชั่วโมง	4.39 ชั่วโมง
กำลังการผลิต/เดือน	52 แบช	180 แบช
พื้นที่ใช้วางแยมรอคนติดฉลาก	15 ตารางเมตร	0 ตารางเมตร
ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน/แบช	6.76 ชั่วโมง	2.03 ชั่วโมง
ของเสียจากคนติดฉลาก/เดือน	3.79%	1.12%

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าหลังจากการลดเวลาสูญเปล่าและทำการปรับปรุงสายการผลิตแยมแล้วนั้น ทำให้ผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่ 61 แบช/เดือน และยังสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เป็น 180 แบช/เดือน ดังนั้นการปรับปรุงครั้งนี้สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 **ระยะติดตามควบคุม** (Control Phase)

หลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแยมโดยสามารถลดเวลาสูญเปล่าทำให้สามารถผลิตแยมได้ทันตามความต้องการของลูกค้าและปรับปรุงแผนผังการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องแล้วนั้น ในขั้นตอนนี้จะทำการควบคุมคุณภาพหลังจากที่ได้ทำการปรับปรุงทุกอย่างเรียบร้อยแล้วโดยการรักษาระดับคุณภาพการหลังการปรับปรุง (Control Phase)ดังนี้

4.5.1 **จัดทำมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน** (Standard Operation Procedure)

จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยมที่ปรับปรุงแล้วโดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนเตรียมวัตถุดิบจนไปถึงผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการทำงานของพนักงานโดยมีส่วนประกอบดังนี้

6. **วัตถุประสงค์** (Objectives)

เพื่อให้มั่นใจว่าได้มีการปฏิบัติตามข้อกำหนด ระเบียบ หลักเกณฑ์เกี่ยวกับการตรวจสอบภายในที่กำหนดไว้อย่างสม่ำเสมอ และมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับนโยบายและวัตถุประสงค์ของโรงงาน

7. **ขอบเขต** (Scope)

ระเบียบการปฏิบัตินี้ครอบคลุมถึงขั้นตอนการผสมวัตถุดิบจนออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายส่งเข้าโกดัง โดยจะมีการตรวจสอบจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ และการตรวจติดตามสำหรับทุกครั้งที่มีการผลิตแยมแบชใหม่

8. **คำจำกัดความ** (Definition)

- พนักงาน QC คือ พนักงานฝ่าย Quality Control หรือฝ่ายควบคุมคุณภาพ
- พนักงาน QA คือ พนักงานฝ่าย Quality Assurance หรือฝ่ายประกันคุณภาพ

9. **หน้าที่ความรับผิดชอบ** (Responsibility)

- พนักงานผสมวัตถุดิบจะมีพนักงาน 2 คน ช่วยกันจัดเตรียมวัตถุดิบและรวมไปถึงการผสมวัตถุดิบให้ตรงตามสูตรของทางโรงงาน
- พนักงาน QC จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบด้วยเกณฑ์พารามิเตอร์ต่างๆที่ทำการผสม

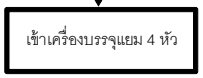
- พนักงาน QA จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ประกันคุณภาพของแยม โดยการตรวจสอบเนื้อแยมว่ามีเซ็ตอย่างไรเพื่อให้เกิดความมั่นใจและรับรองได้ว่าผลลัพธ์จากการดำเนินงานบรรลุเป้าหมายและจุดประสงค์ที่กำหนดไว้
- พนักงานดูแลเครื่องบรรจุ 4 หัว จะมีพนักงาน 2 คน โดยพนักงานคนแรกทำการลำเลียงขวดแยมเข้าเครื่องบรรจุ 4 หัว และพนักงานคนที่สองทำหน้าที่ปรับตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสมกับปริมาณแยมที่ลงขวดให้พอดีและดูแลความเรียบร้อยของแยมที่ผ่านการบรรจุและแก้ไขปัญหาหากแยมที่บรรจุมีการล้นหรือขาดหายไปไม่เต็มขวดแยม
- พนักงานดูแลเครื่องปิดฝา จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูความเรียบร้อยไม่ให้ขวดแยมมีการเบียดจนแน่นมากเกินไป
- พนักงานดูแลเครื่องเป่าแห้ง จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูแลความเรียบร้อยของแยมที่ออกมาจากเครื่องทำความสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์เพื่อเข้าเครื่องเป่าแห้ง และคอยตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องเป่าแห้ง
- พนักงานดูแลเครื่องติดฉลาก จะมีพนักงาน 1 คน ทำหน้าที่ดูแลความเรียบร้อยของขวดที่ผ่านการติดฉลาก และคอยตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องติดฉลาก
- พนักงานหุ้มพลาสติกใสฝาขวด จะมีพนักงาน 2 คน ช่วยกันหุ้มพลาสติกใสฝาขวดของแยมที่ออกมาจากเครื่องติดฉลากและส่งต่อขวดแยมไปที่เครื่องบรรจุปิดปากฝาต่อไป
- พนักงานดูแลเครื่องบรรจุปิดปากฝาจะมีพนักงาน 4 คน โดยคนแรกทำหน้าที่รับขวดแยมที่ผ่านการเข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝาแล้ว ส่งต่อมาที่พนักงานคนที่สองก็คือพนักงานบรรจุแยมลงกล่องทำหน้าที่นำแยมมาบรรจุลงกล่องโดยพนักงานคนที่สามและคนที่สี่ทำหน้าที่ช่วยกันพับกล่องให้พร้อมสำหรับการบรรจุแยม

10. **ขั้นตอนการปฏิบัติ**

โดยคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม ดังตารางที่ 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

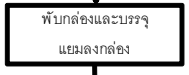
ตารางที่ 4.5 คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ระยะเวลา/แบช	ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ
1		จัดเตรียมวัตถุดิบหมดที่ใช้สำหรับผสม	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบวัตถุดิบ
2		นำเพคตินผสมน้ำร้อนเป็นระยะเวลา5 นาที และนำน้ำตาล กลูโคส และเนื้อผลไม้ในน้ำเชื่อมผสมลงในหม้อคนเพื่อผสมวัตถุดิบต่างๆให้เป็นเนื้อเดียวกัน	14.45 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
3		หลังจากผสมวัตถุดิบที่หม้อคนเสร็จแล้วก็จะลำเลียงมาที่หม้อต้มเพื่อต้มที่อุณหภูมิ65 องศาเซลเซียล	8 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
4		เตรียมปริมาณกรดซิตริกและทำการผสมน้ำร้อน	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
5		ผสมกรดซิตริกลงไปหม้อต้มเพื่อผสม	5 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ
6		ฝ่าย QC ตรวจสอบค่า Brix และค่า pH	0.45 นาที	พนักงาน QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม
		ฝ่าย QA ตรวจสอบการเซ็ตตัวของแยม	7 นาที	พนักงาน QA	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม
7		ปล่อยแยมไปที่ถังพักรอการบรรจุ	1 นาที	พนักงานผสมวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม
8		บรรจุแยมลงบนขวดแยม	25.25 นาที	พนักงานดูแลเครื่องบรรจุแยม 4 หัว	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

188

ตารางที่ 4.5**(ต่อ)** คู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม

ลำดับที่	ผังกระบวนการ	รายละเอียดงาน	ระยะเวลา/แบช	ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ
9		ตวรจสอบส่งเจือปนในเนื้อแยม	21.5 นาที	-	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
10		ติดฝาขวดแยม	21.7 นาที	พนักงานดูแลเครื่องติดฝา	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
11		เพื่อฆ่าเชื้อโรคและทำให้แยมเกิดการแข็งตัว	25 นาที	-	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
12		เป่าให้ขวดแยมแห้ง	25 นาที	พนักงานดูแลเครื่องเป่าแห้ง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
13		ติดฉลากขวดแยม	25.05 นาที	พนักงานดูแลเครื่องเป่าแห้ง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
14		พนักงานทำการหุ้มพลาสติกใสที่ฝาขวดแยม	13 นาที	พนักงานหุ้มพลาสติกใสฝาขวด	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
15		เข้าเครื่องทำความร้อนเพื่อบรรจุปิดปากฝา	30.14 นาที	พนักงานดูแลเครื่องบรรจุปิดปากฝา	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
16		พนักงานทำการพับกล่องรอบบรรจุแยมและพนักงาน บรรจุแยมที่ผ่านการบรรจุปิดปากฝาลงกล่อง	18.84 นาที	พนักงานพับกล่องและ พนักงานบรรจุแยมลงกล่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ
17		พนักงานนำแยมที่บรรจุลงลังแล้วเข้าโกดัง	10 นาที	พนักงานขนส่ง	ใบตรวจสอบยอดการผลิต

จากตารางที่ 4.5 หลังจากจัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยมแล้วสามารถเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงาน ดังนี้

- ได้รับทราบภาระหน้าที่ของตนเองชัดเจนยิ่งขึ้น
- ได้เรียนรู้งานเร็วขึ้นทั้งตอนที่เข้ามาทำงานใหม่ หรือตอนที่จะย้ายงานใหม่
- มีขั้นตอนในการทำงานที่แน่นอน ทำให้ทำงานได้ง่ายขึ้น
- รู้จักวางแผนการทำงานเพื่อให้ผลงานออกมาตามเป้าหมาย
- สามารถใช้เป็นแนวทางเพื่อการวิเคราะห์งานให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา
- สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะมีสิ่งที่อ้างอิง
- สร้างความเป็นมืออาชีพในการปฏิบัติงาน

4.5.2 **จัดทำแผนควบคุม** (Control Plan)

จากนั้นจัดทำแผนควบคุมเพื่อควบคุมในแต่ละกระบวนการ และเป็นมาตรฐานสำหรับการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบจนไปถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย ดังตารางที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 มาตรฐานแผนควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตแยม

ลำดับ	กระบวนการ	จุดควบคุม	มาตรฐาน	การควบคุม			ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ	แผนการแก้ไข
				อ้างอิง	เครื่องมือ	ความถี่			
1	เตรียมความพร้อมหม้อต้มผสมวัตถุดิบ	ความสะอาด	ไม่มีคราบหรือสิ่งเจือปน	คู่มือการใช้งานหม้อต้ม	น้ำยาทำความสะอาด	ก่อนทำการผสมทุกครั้ง	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบสภาพเครื่องผสมวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
2	เตรียมน้ำตาล	น้ำหนัก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
3		Moisture Content	0.04	สูตรการผสมของโรงงาน	Moisture Analyzer	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
4	เตรียมกลูโคส	น้ำหนัก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
5	เตรียมเนื้อผลไม้ในน้ำเชื่อม	น้ำหนัก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
6		Brix	24-30 องศา	สูตรการผสมของโรงงาน	Refractometer	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
7	เตรียมเพคติน	น้ำหนัก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
8		pH (1%sol)	2.9-3.4	สูตรการผสมของโรงงาน	pH meter	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
9	เพคตินผสมน้ำร้อน	ปริมาณเพคติน	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
10		ปริมาณน้ำร้อนผสมเพคติน	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
11		อุณหภูมิน้ำร้อนผสมเพคติน	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	-	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
12		ระยะเวลาผสมเพคติน	5 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
13	ผสมวัตถุดิบเข้าด้วยกัน	ระยะเวลาการผสม	9.45 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
14	เตรียมวัตถุดิบที่ได้จากการผสมแล้วสำหรับ	Brix	63-65 องศา	สูตรการผสมของโรงงาน	Refractometer	ตอนผสมวัตถุดิบเสร็จแล้ว	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
15	เข้าหม้อต้ม	pH	2.8-3.2	สูตรการผสมของโรงงาน	pH meter	ตอนผสมวัตถุดิบเสร็จแล้ว	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
16		Texture	0.3-1 นิวตัน	สูตรการผสมของโรงงาน	Texture Analyzer	ตอนผสมวัตถุดิบเสร็จแล้ว	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
17	เตรียมความพร้อมหม้อต้ม	ความสะอาด	ไม่มีคราบหรือสิ่งเจือปน	คู่มือการใช้งานหม้อต้ม	น้ำยาทำความสะอาด	ก่อนทำการผสมทุกครั้ง	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
18	เตรียมกรดซิตริก	น้ำหนัก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
19		Moisture Content	7.5-8.8 %	สูตรการผสมของโรงงาน	Moisture Analyzer	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
20	ต้มแยม	อุณหภูมิเริ่มต้ม	> 65 องศา	สูตรการผสมของโรงงาน	Termostat Digital	ทุกครั้งที่ต้ม	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
21		อุณหภูมิระหว่างการต้ม	สม่ำเสมอ (ไม่ Drop)	สูตรการผสมของโรงงาน	Termostat Digital	ทุกครั้งที่ต้ม	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
22		ความดันหม้อต้ม	>500 mmHg	สูตรการผสมของโรงงาน	แผงควบคุมหน้าเครื่องต้ม	ทุกครั้งที่ต้ม	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
23		เวลาในการต้ม	> 8 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่ต้ม	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

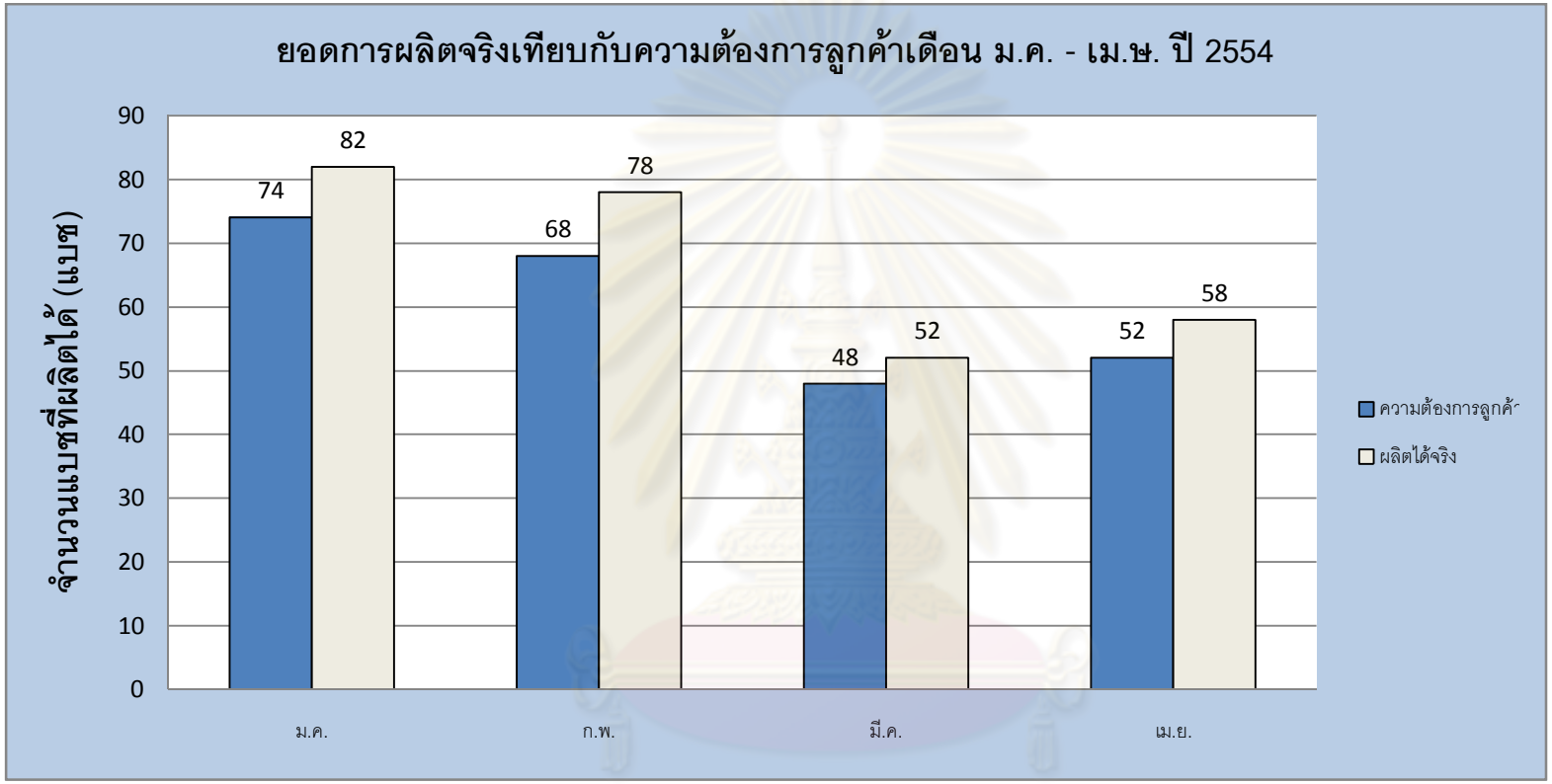
ตารางที่ 4.6(ต่อ) มาตรฐานแผนควบคุมการทำงานของกระบวนการผลิตแยม

ลำดับ	กระบวนการ	จุดควบคุม	มาตรฐาน	การควบคุม			ผู้รับผิดชอบ	บันทึกคุณภาพ	แผนการแก้ไข
				อ้างอิง	เครื่องมือ	ความถี่			
24	กรดซิตริกผสมน้ำร้อน	ปริมาณกรดซิตริก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
25		ปริมาณน้ำร้อนผสมกรดซิตริก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	ตราชั่ง Validate	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
26		อุณหภูมิน้ำร้อนผสมกรดซิตริก	ตามสูตรของโรงงาน	สูตรการผสมของโรงงาน	-	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
27		ระยะเวลาผสมกรดซิตริก	5 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานผสมวัตุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
28	ผสมกรดซิตริกกับแยมที่ผ่านการต้มแล้ว	เวลาในการผสม	5 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่จะผสม	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรวจสอบการผสมสูตรวัตถุดิบ	แจ้งหัวหน้างาน
29	แยมที่ผ่านการต้มแล้ว	Brix	63-65 องศา	สูตรการผสมของโรงงาน	Refractometer	ทุกครั้งที่ต้มเสร็จแล้ว	QC	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
30		การเซ็ตตัว	ไม่มีเป็นน้ำเหลวใส	สูตรการผสมของโรงงาน	-	ตอนผสมวัตถุดิบเสร็จแล้ว	QA	ใบตรวจสอบคุณภาพแยม	แจ้งหัวหน้างาน
31	ปล่อยแยมที่อยู่ในหม้อต้มลงที่ถังพัก	ความเร็วในการลำเลียง	1 นาที	สูตรการผสมของโรงงาน	นาฬิกาจับเวลา	ทุกครั้งที่ต้มเสร็จแล้ว	พนักงานต้มวัตถุดิบ	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
32	ลำเลียงขวดลงสายพานรอการบรรจุ	อัตราความเร็วในการลำเลียง	0.17 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานลำเลียงขวด	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
33	ผ่านเข้าเครื่องบรรจุแยม 4 หัว	อัตราความเร็วในการบรรจุ	0.22 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
34	ผ่านเครื่องตรวจจับโลหะ	อัตราความเร็วในการตรวจจับ	0.19 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
35	ผ่านเครื่องติดฝา	อัตราความเร็วในการติดฝา	0.19 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
36	ผ่านเข้าเครื่องทำสะอาดแยมและพาสเจอไรซ์	อัตราความเร็วในการทำความสะอาด	0.22 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
37	เข้าเครื่องเป่าแห้ง	อัตราความเร็วในการเป่าแห้ง	0.22 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
38	เข้าเครื่องติดฉลาก	อัตราความเร็วในการติดฉลาก	0.22 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานลำเลียงขวด	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
39	พนักงานบรรจุหุ้มพลาสติกใสในฝาขวดแยม	อัตราความเร็วในการหุ้มพลาสติกใส	0.11 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งหัวหน้างาน
40	เข้าเครื่องบรรจุปิดปากฝา	อัตราความเร็วในการปิดปากฝา	0.26 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
41	พนักงานพับกล่องและบรรจุลงกล่อง	อัตราความเร็วในการพับและบรรจุลงกล่อง	0.16 นาที/12 ขวด	ตามคู่มือเครื่องจักร	นาฬิกาจับเวลา	ทุก 4 ชั่วโมง	พนักงานประจำเครื่อง	ใบตรจสอบการทำงานของกระบวนการ	แจ้งช่างเทคนิค
42	สิ่งสินค้าเข้าโกดัง	อัตราความเร็วในการบรรจุลงกล่อง	10 นาที/แบช	-	-	ทุกครั้งที่ทำการผลิตแบชใหม่	พนักงานขนส่ง	ใบตรวจสอบยอดการผลิต	แจ้งหัวหน้างาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากปัญหาที่โรงงานผลิตแยมชนิดขวดไม่ได้ตามที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ยเดือนละ 9 แบช แต่หลังจากปรับปรุงลดเวลาสูญเปล่าและจัดสายการผลิตแบบใหม่ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องแล้ว ขั้นตอนต่อมาก็ต้องทำการติดตามผลผลิตที่ได้แต่ละวันให้ผลิตได้ตามที่ลูกค้าต้องการในแต่ละเดือนโดยทำกราฟควบคุมผลผลิตที่ได้จากการผลิตแยมชนิดขวด (ขนาดบรรจุ 200 กรัม, 210 กรัม, 280 กรัม, 380 กรัม และ 400 กรัม) เทียบกับความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือน ซึ่งข้อมูลปริมาณความต้องการแยมของลูกค้าจะมาจากฝ่ายขาย แต่ในสายการผลิตจริงไม่เคยทำการติดตามผลผลิตที่ได้แต่ละเดือนทำให้เกิดความผิดพลาดในการผลิตในกรณีที่ผลิตไม่ทันตามความต้องการของลูกค้า แต่เมื่อทำการติดตามผลผลิตจะทำให้ทราบถึงข้อมูลการผลิตจริงเทียบความต้องการของลูกค้าในแต่ละเดือน โดยทำการเก็บข้อมูลของเดือน ม.ค.ถึงเดือน เม.ย. ปี 2554 ดังรูปที่ 4.28

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.28 กราฟติดตามปริมาณผลผลิตจริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

194

จากรูปที่ 4.28 จากข้อมูลปริมาณการผลิตจริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้าตั้งแต่เดือน ม.ค. ถึงเดือน เม.ย. ปี 2554 พบว่าหลังจากที่ทำการปรับปรุงแล้วนั้น กำลังการผลิตจริงก็สามารถผลิตได้มากกว่ายอดความต้องการของลูกค้า คิดเฉลี่ยมากกว่าประมาณ 7 แบช/เดือน

4.5.3 **สรุประยะติดตามควบคุมผล**

หลังจากที่ทำการปรับปรุงลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและปรับสายการผลิตให้เป็นแบบต่อเนื่องแล้ว และได้จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม และจัดทำแผนควบคุมในกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงานของพนักงาน จากนั้นจัดทำกราฟติดตามผลผลิตที่ผลิตได้จริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้า เพื่อเป็นการติดตามยอดการผลิตในแต่ละเดือน และสามารถทำการผลิตชดเชยในกรณีที่เดือนก่อนหน้าผลิตไม่ได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นส่วนของการสรุปผลของ 2 เรื่อง รวมถึงข้อจำกัดและอุปสรรค ข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ ซึ่งได้สรุปขั้นตอนตามวิธีซิกซ์ ซิกมา ดังนี้

1. การปรับปรุงความแข็งของแยม (Jam Hardness Improvement)
2. การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม (Wasted Time Reduction Of Jam Manufacturing Process)

5.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. ระยะนิยามปัญหา (Define Phase)

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานแล้วจึงได้กำหนดปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การปรับปรุงค่าเฉลี่ยให้ได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายและลดค่าความแปรปรวนค่าความแข็งของแยมโดยกำหนดตัวชี้วัดเป็นค่าความสามารถของกระบวนการ (Process Capability, C_p , C_{pk}) ซึ่งกำหนดเป้าหมายให้ได้ค่าความสามารถของกระบวนการความแข็งของแยมตามมาตรฐาน AIAG (1995) คือต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 1.33 และลดจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

2. ระยะวัดสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase)

ในขั้นแรกของระยะวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องวัดความแข็ง โดยใช้มาตรฐาน ISO 7500-1:2004 ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับเครื่องทดสอบด้านแรงเพื่อบอกความน่าเชื่อถือ โดยทำการทดสอบตามวิธีขั้นตอนด้วยการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด โดยเกณฑ์การวัดคิดจากค่าความผิดพลาดของความถูกต้องที่กำหนดตามมาตรฐานไว้ที่ไม่เกิน ± 1% ซึ่งจากผลของการสอบเทียบแรงดึง/แรงกด ถือว่าผ่านเกณฑ์ และเกณฑ์การยอมรับที่ช่วงความไม่แน่นอนจากการสอบเทียบซึ่งทางโรงงานต้องเป็นผู้กำหนดเอง โดยการสอบเทียบแรงดึงได้

กำหนดไว้ไม่เกิน ± 1N ซึ่งถือว่าผ่านเกณฑ์ และการสอบเทียบแรงกดได้กำหนดไว้ไม่เกิน ± 2.5 N ซึ่งก็ถือว่าผ่านเกณฑ์เช่นเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องวัดความแข็งนั้นเชื่อถือได้

จากนั้นทำการหาขีดข้อกำหนดความแข็งของแยมของโรงงาน โดยทำการพิจารณาความสามารถของกระบวนการ(Process Capability, C_p , C_{pk}) ในปัจจุบันเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนดความแข็งของแยม ซึ่งถ้าความสามารถของกระบวนการน้อยกว่า 1.33 ก็จะทำการปรับปรุงต่อไป และต้องสามารถสัมพันธ์กับจำนวนใบร้องเรียนจากลูกค้าเรื่องการปาดยากของแยมจากเดิม 100% ให้ลดลงเหลือ 0%

จากนั้นทำการหาขีดจำกัดข้อกำหนดของความแข็งของแยมก่อนจากวิธีประเมินการทดสอบ Just About Right (JAR) กับผู้บริโภคภายนอก 100 คน เพื่อหาขีดจำกัดข้อกำหนดเอามาเป็นมาตรฐานของค่าความแข็งของแยม โดยคิดจากเปอร์เซ็นต์การทดสอบปาดแยมแล้วรู้สึกพอดีด้วยเกณฑ์การยอมรับที่ 85 ใน 100 คน ซึ่งจากการวิเคราะห์ออกมาพบว่าขีดจำกัดข้อกำหนดแยมอยู่ที่ช่วง 2.5 นิวตัน ถึง 5.5 นิวตัน

จากนั้นพิจารณาความสามารถของกระบวนการของค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันมาเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด โดยได้ค่า C_p เท่ากับ 1.39 ซึ่งถือว่ามากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 นั่นแสดงว่าปัญหาในปัจจุบันไม่ได้เป็นที่ความแปรปรวนเมื่อเทียบกับขีดจำกัดข้อกำหนด แต่ค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งถือว่าน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเมื่อพิจารณาจากการกระจายตัวของความแข็งของแยมก็จะพบว่าค่าเฉลี่ยนั้นเลื่อนไปทางขวามือของขีดจำกัดข้อกำหนด ซึ่งนั่นก็หมายถึงค่าความแข็งของแยมในปัจจุบันนั้นยังแข็งเกินไป

จากนั้นพิจารณาดูถึงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกรณีต่างแบชกัน พบว่าหลังจากทำการทดสอบความแปรปรวน เพื่อวิเคราะห์ดูว่าการกระจายทั้ง 3 แบช ทดสอบความแตกต่างด้วยค่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเมื่อทำการทดสอบแล้วก็พบว่าค่า P-Value นั้นมากกว่า 0.05 ซึ่งนั่นหมายความถึงการกระจายตัวของค่าความแข็งของแยมทั้ง 3 แบช ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นปัญหาไม่ได้มีความแปรปรวนในระหว่างแบช แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานนี้ก็คือค่าเฉลี่ยของแยมภายในแบชเองที่เกิดการเลื่อนไปทางด้านขวาของขีดจำกัดข้อกำหนด

สุดท้ายทำการกำหนดปัจจัยนำเข้าทดลองด้วยวิธีระดมสมองเพื่อคิดหาปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมใส่ลงในตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause and Effect Matrix) โดยสรุปได้ 2 ปัจจัยนำเข้าทดลอง คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก

3. ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

พิจาณาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อเฉลี่ยความแข็งของแยมด้วยตารางแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล จึงได้สรุปออกมาเป็น 2 ปัจจัย คือ ปริมาณเพคติน และปริมาณ กรดซิตริก และจึงทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล แบบมีจุดศูนย์กลางสำหรับปัจจัยที่เป็นปัจจัยแบบแปรผัน (Full Factorial Design with Center Point)(2_v^2) โดยในการทดลองนี้ทำการศึกษาจำนวน 2 ปัจจัย และเป็นปัจจัยแปรผันทั้งหมด จึงได้ทำการทดลอง 8 ลำดับการทดลอง ด้วยขนาดตัวอย่างเท่ากับ 11 ขวด/การทดลอง

ผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองเบื้องต้น พบว่าที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 นั้น ปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยคือ ปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมอย่างมีนัยสำคัญทั้งหมด

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improvement Phase)

ในขั้นตอนนี้ได้ออกแบบการทดลองเพิ่มจากการออกแบบการทดลองในขั้นตอนก่อนหน้า โดยทำการทดลองที่ 2 ปัจจัย จึงเลือกใช้วิธี Central Composite design (CCD) เพราะเป็นวิธีที่ทำการศึกษาตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป คือปริมาณเพคติน และปริมาณกรดซิตริก โดยหลังจากทำการทดลองไปแล้ว จึงได้ผลเพื่อนำไปปรับปรุงหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสม โดยการคำนวณค่าทำนายของตัวแปรตอบสนองจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าทั้ง 2 ปัจจัย โดยการคำนวณปรับค่าระดับของปัจจัยเพื่อให้ได้ค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้คือ 4 นิวตัน โดยค่าจริงของปัจจัยคือ ปริมาณเพคตินที่ 17.5 กรัม และปริมาณกรดซิตริกที่ 32.5 กรัม หลังจากนั้นนำค่าระดับปัจจัยที่เหมาะสมไปทำการทดลองเพิ่มเติมอีก 92 ขวด บนสายการผลิตจริงเพื่อยืนยันผลของระดับปัจจัยที่เหมาะสม พบว่าค่าเฉลี่ยความแข็งของแยมที่ได้ประมาณ 4.144 นิวตัน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.3218 นิวตัน โดยค่า C_p เท่ากับ 1.6 และค่า C_{pk} นั้นมีค่าเท่ากับ 1.45 ซึ่งมากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 1.33 และจำนวนใบร้องเรียนเรื่องการปาดยากของแยมเมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง 100% แต่หลังจากปรับปรุงลดลงเหลือ 0%

5. **ระยะติดตามควบคุม** (Control Phase)

ระยะติดตามควบคุม ได้ทำการออกแบบการรักษาระดับคุณภาพหลังการปรับปรุง โดยจัดทำการรักษาระดับคุณภาพการหลังการปรับปรุง แบ่งออกเป็น 3 ข้อ ดังนี้

4. จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผสมวัตถุดิบ

5. จัดทำการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual Control) สำหรับควบคุมการผสมเพคตินและกรดซิตริกไม่ได้ปริมาณตามสูตร เพื่อการป้องกันการผสมไม่ให้ผิดพลาด ด้วยการผสมปริมาณน้ำร้อน อุณหภูมิน้ำร้อน และระยะเวลาในการผสมให้ถูกต้องตามสูตร

6. จัดทำแผนภูมิควบคุมเพื่อตรวจจับปัญหา โดยใช้ Control Chart ซึ่งเป็นกระบวนการที่ช่วยทำให้ทราบสภาพของกระบวนการผลิตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร โดยเลือกใช้ Control Chart ประเภท $\overline{X}$ and R chart โดยทำการสุ่มแยมทุกแบช ที่ขนาดตัวอย่างแบชละ 15 ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ในเบื้องต้นของอาการผิดปกติประเภทต่างๆ จากกฎของการควบคุมกระบวนการโดยหลักสถิติ SPC ทั้ง 8 ข้อ เพื่อแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ของการเกิดความผิดปกติกับแผนควบคุม $\overline{X}$ and R chart

5.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. **ระยะนิยามปัญหา**

ในขั้นตอนนิยามปัญหานี้ หลังจากศึกษากระบวนการผลิตและสรุปปัญหาในปัจจุบันของโรงงานพบว่าปัญหาของทางโรงงานคือการผลิตแยมชนิดขวดไม่ได้ปริมาณตามที่ลูกค้าต้องการ โดยการผลิตแยมชนิดขวดของทางโรงงานน้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการเฉลี่ยเดือนละ 9 แบช หรือคิดเป็น 14.75% ด้วยข้อจำกัดการผลิตแยมชนิดขวดจะผลิตเพียง 3 วัน/สัปดาห์ และสูญเสียพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตไป 15 ตารางเมตร

ดังนั้นจึงได้กำหนดสภาพปัญหาและเป้าหมายที่จะทำการปรับปรุง คือ การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตแยมให้เวลาการทำงานลดลงเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้ผลิตได้อย่างน้อยเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าที่ต้องการเฉลี่ย 61 แบช/เดือน และเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บแยม โดยทำการลดพื้นที่จัดเก็บแยมในสายการผลิตให้เหลือ 0 ตารางเมตร

2. ระยะวัดสาเหตุของปัญหา

จากการศึกษากระบวนการผลิตว่ามีกระบวนการใดที่สูญเปล่า โดยพิจารณาปรับปรุงที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายเป็นหลัก เพราะเป็นกระบวนการที่สูญเปล่าและสามารถปรับปรุงได้ โดยสามารถพิจารณากระบวนการทั้ง 2 ประเภทนี้จากแผนผังการไหลของกระบวนการ และพิจารณาดูเวลาการทำงานจากมากไปน้อยจากกราฟพาเรโต โดยกระบวนการประเภทล่าช้ามีอยู่ 1 กระบวนการ คือกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาไป 43.85% ต่อการผลิต/แบช และกระบวนการประเภทเคลื่อนย้ายซึ่งประกอบไปด้วย 3 กระบวนการ คือ กระบวนการพนักงานยกแยมไปวางที่โต๊ะติดฉลาก, พนักงานยกแยมไปตั้งพักที่สายการผลิต, และพนักงานนำแยมไปวางที่โต๊ะสำหรับหุ้มพลาสติกใส โดยคิดรวมเวลาทั้งหมดเป็น 8.04% ต่อการผลิต/แบช จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ต่อไปถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุง

3. ระยะการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแยมที่สูญเปล่า โดยพิจารณาไปที่กระบวนการประเภทล่าช้า และเคลื่อนย้ายซึ่งพบว่ากระบวนการวางแยมรอคนติดฉลากนั้นใช้เวลาการทำงาน 240 นาที/แบช เกินกว่าจังหวะความต้องการของลูกค้าต้องการหรือเป้าหมายการผลิตของโรงงานที่ 63.41 นาที/แบช อยู่กระบวนการเดียว และพบว่าสายการผลิตนั้นมีการกระบวนการทำงานที่ไม่ต่อเนื่องทำให้ต้องเสียเวลาเคลื่อนย้ายคิดเป็นเวลาที่ใช้ไป 8.04%ของเวลาผลิตทั้งหมด/แบช ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงกระบวนการวางแยมรอคนติดฉลาก และทำการปรับปรุงสายการผลิตในปัจจุบันโดยใช้โดยใช้เครื่องเป่าแห้ง, เครื่องติดฉลาก และการต่อสายพานถึงกันให้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่อง

4. ระยะการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

หลังจากที่ทำการลดเวลาสูญเปล่าและปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้วนั้น ได้ทำให้สายการผลิตแยมมีเวลาในการทำงานทั้งหมดน้อยลง และทำงานได้รวดเร็วมีความต่อเนื่องมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลของการปรับปรุงทั้งหมด ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลลัพธ์ของการปรับปรุง

ผลลัพธ์	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
รอบเวลาการทำงานทั้งหมด	9.12 ชั่วโมง	4.39 ชั่วโมง
กำลังการผลิต/เดือน	52 แบช	180 แบช
พื้นที่ใช้วางแยมรอคนติดฉลาก	15 ตารางเมตร	0 ตารางเมตร
ชั่วโมงการทำงานของพนักงาน/แบช	6.76 ชั่วโมง	2.03 ชั่วโมง
ของเสียจากคนติดฉลาก/เดือน	3.79%	1.12%

จากตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าหลังจากการลดเวลาสูญเปล่าและทำการปรับปรุงสายการผลิตแยมแล้วนั้น ทำให้ผลิตได้ตามความต้องการของลูกค้าโดยเฉลี่ยที่ 61 แบช/เดือน และยังสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้เป็น 180 แบช/เดือน ดังนั้นการปรับปรุงครั้งนี้สามารถตอบโจทย์ปัญหาที่ไม่สามารถผลิตสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการได้

5. **ระยะติดตามควบคุม**

หลังจากที่ทำการปรับปรุงลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิตและปรับสายการผลิตให้เป็นแบบต่อเนื่องแล้ว และได้จัดทำคู่มือวิธีการทำงานของกระบวนการผลิตแยม และจัดทำแผนควบคุมในกระบวนการผลิตแยมตั้งแต่ขั้นตอนผสมวัตถุดิบจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อเป็นมาตรฐานในการทำงานของพนักงาน จากนั้นจัดทำกราฟติดตามผลผลิตที่ผลิตได้จริงเทียบกับปริมาณความต้องการของลูกค้า เพื่อเป็นการติดตามยอดการผลิตในแต่ละเดือน และสามารถทำการผลิตชดเชยในกรณีที่เดือนก่อนหน้าผลิตไม่ได้ตามที่ลูกค้าต้องการ

5.3 ข้อจำกัดและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย

5.3.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. การฝึกฝนผู้ทดสอบในวิธีทดสอบประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (Descriptive Sensory Test) นั้นใช้เวลานานถึง 3 เดือน ทำให้ระหว่างช่วงเวลานั้น ไม่สามารถดำเนินการทดลองอะไรต่อได้ เพราะต้องรอผลของการฝึกฝนผู้ทดสอบ

5.3.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. ทางโรงงานมีการปรับปรุงค่อนข้างช้า เพราะการเปลี่ยนแปลงสายการผลิตหรือนำเครื่องจักรใหม่มาใช้ในสายการผลิตต้องรอการอนุมัติจากการประชุมของของผู้บริหารทำให้ใช้ระยะเวลาพอสมควรต่อการปรับปรุงแต่ละครั้ง

2. การทดลองแต่ละครั้งต้องทำการหยุดสายการผลิตเพื่อทดสอบผลการปรับปรุง ทำให้ต้องใช้เวลานานในการกำหนดวันทดลองเพื่อไม่ให้กระทบต่อยอดผลผลิตของลูกค้า

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การปรับปรุงความแข็งของแยม

1. ทางโรงงานต้องมีทำเอกสารมาตรฐานในขั้นตอนผสมวัตถุดิบหรือให้พนักงานปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด และอธิบายถึงข้อดีข้อเสียและจุดประสงค์ของการปรับปรุง เพราะพนักงานส่วนมากจะอาศัยความชำนาญด้วยทักษะของตัวเองมากเกินไปจนบางครั้งเกิดความผิดพลาดได้

2. ในการทดลอง DOE ไม่ได้นำปัจจัยปริมาณน้ำร้อนที่ใช้ผสมกับเพคตินและกรดซิตริกทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลต่อความแข็งของแยม เพราะงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ปริมาณน้ำร้อนเป็นปัจจัยคงที่ ดังนั้นจึงอาจสามารถนำปริมาณน้ำร้อนมาทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมและอาจส่งผลให้ค่าความแข็งแยมมีค่าตรงตามเป้าหมายมากขึ้น

3. ปริมาณเพคตินสำหรับการผสมที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของผลไม้ด้วยเช่นกัน

4. ในเฟสของการของการตรวจจับปัญหา (Detection) ที่ใช้ Control Chart แบบ $\overline{X}$ and R chart ควบคุมค่าความแข็งของแยมนั้นเพราะงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความแปรปรวนแล้วพบว่ามีความแปรปรวนภายในแบชเอง แต่ไม่มีความแปรปรวนในระหว่างแบชอย่างมีนัยสำคัญ

แต่ในบางกระบวนการที่ค่าความแปรปรวนภายในแบช (Variation within batch) ปกติแต่เกิดปัญหาที่ความแปรปรวนระหว่างแบช (Variation between batch) หรือคือการเปลี่ยนระดับในการควบคุม ซึ่งแผนภูมิควบคุมแบบ $\overline{X}$ and R chart อาจจะไม่เหมาะสมในการควบคุม ดังนั้นจึงเสนองานวิจัยที่ได้นำแนวทางในการเลือกแผนภูมิควบคุมสำหรับการผลิตระยะสั้นของ Kubiak และ Benbow (2009) มาปรับใช้ โดยมีแผนภูมิ I-MR-R charts ทำการควบคุม โดย I-Chart ทำ

การควบคุมข้อมูลทุกตัวที่ทำการสุ่มภายในแบช MR-Chart ทำการควบคุมค่าพิสัย (Range) ของข้อมูลรายตัว และ R-Chart ทำการควบคุมความแปรผันภายในแบช

5.4.2 การลดเวลาสูญเปล่าของกระบวนการผลิตแยม

1. ทางโรงงานต้องมีการทำความเข้าใจกับพนักงานสายการผลิตทุกครั้งหรือจัดอบรมอธิบายถึงข้อดีข้อเสียและจุดประสงค์ของการปรับปรุงต่างๆที่เกิดขึ้นทุกครั้งหลังจากการทำการปรับปรุง เพื่อให้พนักงานได้เข้าใจถึงความเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น เพราะพนักงานส่วนมากจะเคยชินกับวัฒนธรรมการทำงานแบบเดิมจนไม่ยอมรับการเปลี่ยนแปลงใหม่ๆที่เกิดขึ้น

2. ควรมีการประชุมเรื่องการวางแผนการผลิตให้เหมาะสมตามฤดูกาลเพื่อไม่ให้ต้องทำการผลิตในปริมาณที่มากเกินไปของแต่ละเดือนในกรณีที่มียอดความต้องการเข้ามามาก แต่ควรจะวางแผนล่วงหน้าเพื่อทำการผลิตให้เฉลี่ยๆเท่ากันทุกเดือน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. พิมพ์ครั้งที่ 4. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2549.

โกศล ดีศีลธรรม.เส้นทางสู่คุณภาพระดับ Six Sigma. วารสารเทคนิค 226 (สิงหาคม 2546): 175-182.

จินตนา อุปดิสสกุล และธงชัย สุวรรณสิชณน์.ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวไทยจากการประเมินทางประสาทสัมผัสและการวัดด้วยเครื่องมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2551.

จิราพิสิฐ ไชยอารีกุล. การลดเวลาสูญเปล่าจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ของเครื่องบรรจุหลอดอัตโนมัติ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี, 2550.

ณัฐกานต์ วีรานัน. การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโดยการจัดสมดุลสายการผลิต กรณีศึกษา:โรงงานผลิตคู้แช่เครื่องดื่ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

ธวัชชัย สุวรรณบุตรพิภา. กลยุทธ์การจัดสมดุลสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพ. บริษัทอินเทลลิฟิคอินโนเวชั่น เซ็นเตอร์ จำกัด, 2552.

ธีรพร เสนพรหม. การลดแม่แบบแก้วเสียในกระบวนการผลิตเลนส์พลาสติกโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

บุญเลิศ ประสิทธิ์ศุภโรจน์. การลดความแปรปรวนของความหนาในกระบวนการชุบตะกั่วด้วยไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.

ปรีดา พรมจักร์. การศึกษานำเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า มาใช้กับบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์: กรณีศึกษา บริษัท ABC (ประเทศไทย) จำกัด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการบริหารเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

พิชิต สุขเจริญพงษ์. การจัดการวิศวกรรมการผลิต. ซีเอ็ด, 2540.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536.

ไพโรจน์ วิริยจารี. การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation). ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

ฟิสิกส์ราชมงคล. กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า มาตรไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า, 2552.

วีรเทพ เฉลิมสมิทธิ์ชัย. การศึกษาปริมาณธาตุที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กดิบโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.

สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์. การควบคุมคุณภาพสำหรับวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2547.

อุกฤษฏ์ อัชชโคสิต. การปรับปรุงสมดุลการผลิต : กรณีศึกษาการผลิตยกทรง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2539.

ภาษาอังกฤษ

American Society for Testing and Materials. Manual on Sensory Testing Methods. ASTM STP 434. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa, 1968.

Amerine, M., and Roessler, E.B. Wines: Their Sensory Evaluation. W.H. Freeman and Company, San Francisco,1976.

Amerine, M., Pangborn, R. M., and Roessler E.B. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York,1965.

Amerine, M.A., and Ough, C.S. The sensory evaluation of Californianwines. Lab. Pract. 13(8):712-716, 1964.

Ashton, J., Furst, J.E., and Srikaeo, K. Characterization of wheat-based biscuit cooking process by statistical process control techniques. Food Control. 16 (2005) : 309-317.

Automotive Industry Action Group (AIAG), Potential failure mode and effects analysis – Reference manual, 3rd ed., 2001.

Banuelas, R., Antony, J., and Brace, M. An application of six sigma to reduce waste. Journal of Quality and Reliability Engineering International 21 (2005): 553-570.

Baudin, M. Lean assembly: the nuts and bolts of marketing assembly operations flow, Productivity Press, 2002.

Bisgaard, S., and Fuller, H. T. Analysis of factorial experiments with defects or defectives as the response. Journal of Quality Engineering 7:2 (1994): 429-443.

Davis, M.M., Aquilano, N.J., and Chase, R.B. Fundamentals of Operations Management. 6rd ed.Irwin McGraw-Hill, 1999.

Hagsten, A., Larsen, C.C.,Sonnergaard, J.M., Rantanen, J., and Hovgaard, L.Identifying sources of batch to batch variation in processability. Power Technology. 183 (2008) : 213-219.

International Standard ISO 7500-1Third Edition, 2004

Kaaber, L., Kaack, K., Kriznik, T., Brathen, E., and Knutsen, S.H. Structure of pectin in relation to abnormal hardness after cooking in pre-peeled, cool-stored potatoes. LWT. 40 (2007): 921-929

Montgomery, D.C. Introduction to Statistical Quality Control 4th Edition, 2001

Prinyawiwatkul, W., and Waimaleongora-Ek, P. Analysis of Just-About-Right Sensory Data. Department of Product Development. Kasetsart University, Bangkok, 2009.

Pyzdek, T and Keller, P.A. The Six Sigma Handbook A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All levels, 2009.

Stevenson, W. J. Production Operation Management. 6th ed. McGraw-Hill,

Sule, D.R. Manufacturing Facilities: Location, Planning and Design. PWS Publishing Company, 1999.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามคัดเลือกบุคคลเข้าทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แยม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถาม
เรื่อง คัดเลือกบุคคลเข้าทำการฝึกฝนผู้ทดสอบการปาดแยม

วัตถุประสงค์ของการตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อคัดเลือกบุคคลเพื่อมาทดสอบคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์แยม

คำชี้แจง

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวการบริโภคแยม

ทางผู้วิจัยขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบสอบถาม โปรดอ่านข้อความทุกข้อความภายในแบบสอบถามอย่างละเอียด และตอบคำถามด้วยความเป็นจริงเพื่อประโยชน์ต่อองค์กรของท่านเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่องการปรับปรุงความแข็งแยม
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามความคิดเห็นผู้บริโภคผลิตภัณฑ์แยม

ชื่อ.....แผนก.....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 15 – 24 ปี ☐ 25 – 34 ปี ☐ 35 – 44 ปี ☐ 45 – 54 ปี ☐ 55 – 64 ปี

3. การศึกษา

☐ ต่ำกว่า ม.3 ☐ ม.6 /ปวช. ☐ อนุปริญญา/ปวส.

☐ ปริญญาตรี ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาโทขึ้นไป

4. อาชีพ

☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ ☐ พนักงานบริษัทเอกชน

☐ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว ☐ รับจ้าง ☐ แม่บ้าน

☐ ว่างงาน ☐ อื่นๆ ระบุ.....

5. ลักษณะความเป็นอยู่

☐ อยู่คนเดียวในห้องพัก/ห้องเช่า ☐ อยู่กับเพื่อน/ญาติในห้องพัก/ห้องเช่า

☐ อยู่แบบครอบครัวเดี่ยว ☐ อยู่แบบครอบครัวขนาดใหญ่

จำนวนสมาชิกในครอบครัวของคุณทั้งหมด มีจำนวน.....คน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แยม

1. โดยปกติท่านชอบรับประทานแยมหรือไม่

☐ ชอบ ☐ ไม่ชอบ

2. ท่านเคยรับประทานแยมใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ แยมมาร์มาเลดส้ม ☐ ส้ม ☐ แยมสับประรด

☐ แยมบลูเบอร์รี่ ☐ แยมมิกซ์เบอร์รี่ ☐ แยมสตรอเบอร์รี่

☐ แยมราสเบอร์รี่ ☐ แยมผลไม้รวม ☐ แยมแอปริคอต

3. ท่านชอบรับประทานแยมรสชาติใดมากที่สุด (เลือก 1 ข้อ)

☐ แยมมาร์มาเลดส้ม ☐ ส้ม ☐ แยมสับประรด

☐ แยมบลูเบอร์รี่ ☐ แยมมิกซ์เบอร์รี่ ☐ แยมสตรอเบอร์รี่

☐ แยมราสเบอร์รี่ ☐ แยมผลไม้รวม ☐ แยมแอปริคอต

4. โดยปกติท่านรับประทานแยมบ่อยแค่ไหน

☐ ทุกวัน ☐ 2-3 วัน/ครั้ง ☐ 4-5 วัน/ครั้ง

☐ อาทิตย์ละครั้ง ☐ เดือนละครั้ง ☐ มากกว่า 1 เดือน/ครั้ง

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. ท่านรับประทานแยมคู่กับผลิตภัณฑ์อะไร

☐ ขนมปัง ☐ แครกเกอร์ ☐ แพนเค้ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบการสเกลมาตรฐานเพื่อทดสอบประสาทสัมผัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบทดสอบการสเกลมาตรฐานเพื่อทดสอบประสาทสัมผัส

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อฝึกฝนผู้ทดสอบในการปาดเนื้อแยมลงบนเนื้อขนมปังให้สามารถแยกความต่างต่างของเนื้อสัมผัสแยม 4 ประเภท

คำชี้แจง

แบบทดสอบนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1. ส่วนข้อมูลสเกลมาตรฐาน 15 เซนติเมตร

ส่วนที่ 2. ส่วนทดสอบความชอบของผู้ทดสอบด้วยวิธี 9 Point Hedonic Scale

ทางผู้วิจัยขอความกรุณาท่านผู้ตอบแบบสอบถาม โปรดอ่านข้อความทุกข้อความภายในแบบสอบถามอย่างละเอียด และทำแบบทดสอบด้วยความเป็นจริงเพื่อประโยชน์ต่อองค์กรของท่านเอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

* แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่องการปรับปรุงความแข็งแยม
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อผู้ทดสอบ_____วันที่ทดสอบ _____

<u>คำแนะนำในการทดสอบ</u>

ท่านจะได้รับตัวอย่างผลิตภัณฑ์แยมสตรอเบอร์รี่ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ทำการทดสอบความสามารถในการสเปรดของแยม โดยประเมินตัวอย่างที่ให้ต่อไปนี้ตามลักษณะที่ระบุข้างล่าง ระบุระดับความยากง่ายที่สามารถอธิบายได้ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์ จากนั้นระบุความชอบของความสามารถในการสเปรดของแยมในช่อง Hedonic scale โดยให้คะแนนดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

ตัวอย่าง_____ Hedonic scale

การสเปรด

0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.	11	11.	12	12.	13	13.	14	14.	15

ยาก เนยถั่วลิสง ครีมชีส มายองเนส ง่าย

ตัวอย่าง_____ Hedonic scale

การสเปรด

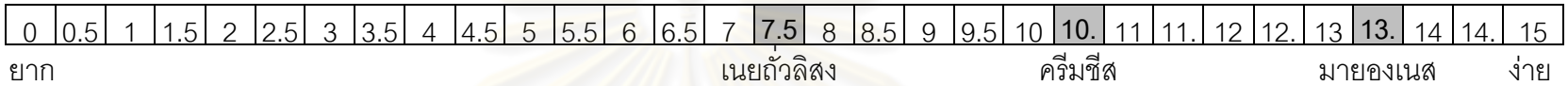
0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10	10.	11	11.	12	12.	13	13.	14	14.	15

ยาก เนยถั่วลิสง ครีมชีส มายองเนส ง่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่าง_____

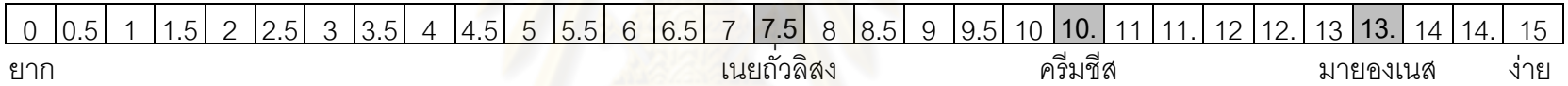
Hedonic scale



ตัวอย่าง_____

Hedonic scale

การสเปรด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

215

ภาคผนวก ค

แบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส Just About Right (JAR)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส วันที่.....

เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง **อายุ** ☐ 15 – 24 ปี ☐ 25 – 34 ปี ☐ 35 – 44 ปี ☐ 45 – 54 ปี ☐ 55 – 64 ปี

ชื่อผลิตภัณฑ์ แยม

วิธี Just about right ทดสอบตัวอย่างตามลำดับที่เสนอและแล้วทำเครื่องหมาย ✓ตามความเหมาะสมของตัวอย่าง

รหัสแยม	JA R		
	นิ่มเกินไป	พอดี	แข็งมากไป

รหัสแยม	JA R		
	นิ่มเกินไป	พอดี	แข็งมากไป

ข้อเสนอแนะ_____

_____

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวัชราวุธ ศรีสุธรรม เกิดเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2528 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเมื่อปี พ.ศ. 2550 หลังจากนั้นได้เข้าทำงานที่บริษัท เวสเทิร์น ดิจิตอล (ประเทศไทย) จำกัด โดยเริ่มงานวันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2550 และลาออกวันที่ 22 ตุลาคม พ.ศ. 2551 จากนั้นได้เข้ามาศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย