การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตซอส

นางสาวรังสิมา ธรรมวิริยานนท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5071510821

IMPROVEMENT OF STANDARD PROCEDURE IN SAUCE MANUFACTURING PROCESS

Miss Rangsima Tumviriyanont

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

530136

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตซอส
โดย	นางสาวรังสิมา ธรรมวิริยานนท์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสวงศ์ โรจนโรวรรณ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รังสิมา ธรรมวิริยานนท์ : การปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตซอส. (IMPROVEMENT OF STANDARD PROCEDURE IN SAUCE MANUFACTURING PROCESS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ประเสริฐ อัครประถมพงศ์, 201 หน้า.

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงมาตรฐานในกระบวนการการผลิตซอส เพื่อให้สามารถลดรอบเวลามาตรฐานในการผลิตและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ต่างจากเดิม เนื่องจากโรงงานนี้มีปัญหาคือ กระบวนการผลิตตามขั้นตอนมาตรฐานในปัจจุบันไม่สามารถรองรับความต้องการในการผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นได้เพียงพอ แนวคิดและหลักการที่ใช้ เพื่อการกำหนดปัญหาและการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลาในการผลิตในขั้นตอนเริ่มต้นคือ หลักการวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ การพิจารณาโดยการตั้งคำถาม 5W 1H แนวทางการลดเวลาปฏิบัติการ ECRS และการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุความคลาดเคลื่อนของเวลาการผลิต หลังจากนั้นแนวทางการปรับปรุงที่วิเคราะห์มาขั้นต้นได้ถูกทดสอบโดยหลักการออกแบบการทดลองและการทดสอบสมมติฐานตามหลักสถิติในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเลือกแนวทางการปรับปรุงที่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไปนำเสนอต่อฝ่ายโรงงานเพื่อปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต หลังจากนั้นทดสอบกระบวนการทั้งหมดในระดับโรงงานจำลอง และระดับการผลิตจริงเพื่อยืนยันคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยตรวจสอบการทำงานและเวลามาตรฐานของทั้งกระบวนการ ก่อนการปรับเปลี่ยนกระบวนการ

เมื่อทดสอบในระดับการผลิตจริงพบว่า เวลาในขั้นตอนการผสมซอสเมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 15.2 ชั่วโมง เหลือเพียง 10.2 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 33% และเวลาการบรรจุซอสเมื่อบรรจุ 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 11.3 ชั่วโมง เหลือเพียง 10 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 12% ผลจากงานวิจัยนี้ ได้นำไปสร้างมาตรฐานวิธีการทำงานใหม่ใช้จริงในโรงงาน หลังจากเริ่มใช้กระบวนการมาตรฐานใหม่ในการผลิตจริง พบว่าความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงานลดลง ซึ่งเกิดจากการติดตั้งระบบควบคุมการทำงานด้วยการมองเห็นและจากการปรับปรุงกระบวนการ นอกจากนี้กระบวนการมาตรฐานใหม่ยังส่งผลต่อการลดค่าใช้จ่ายคงที่และค่าแรงงานลงไปได้ 2.27 บาท/กิโลกรัม อีกทั้งช่วยลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต Rangsima.

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5071510821 : MAJOR INDUSTRAIL ENGINEERING

KEYWORDS : SAUCE MANUFACTURING PROCESS / STANDARD TIME REDUCTION / 7 WASTES / DESIGN OF EXPERIMENT / HYPOTHESIS TESTING

R ANGSIMA TUMVIRIYANONT: IMPROVEMENT OF STANDARD PROCEDURE IN SAUCE MANUFACTURING PROCESS. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PRASERT AKKHARAPRATHOMPHONG, 201 pp.

The objective of this research is to improve standard procedure in sauce manufacturing aiming at reducing and controlling the standard time and quality of finish product is not affected. The initial problem of this factory is, procedure at present cannot afford for higher demand, so the theory of 7 wastes, 5W 1H, ECRS and cause and effect diagram were used in the brainstorming process to analyze ways to reduce standard time and cause of production time variation. Then, the improving directions were checked possibility by design of experiment and hypothesis testing method in laboratory process. The directions that not affect to finished product quality were proposed to factory management for development. All concluded improving direction were finally tested and verified quality of finished product, practical operation and actual standard time in actual production.

From testing result in actual production, the standard time in bulk process 2 batches per day reduced from 15.2 hours to 10.2 hours which is equal to 33%. Standard time in packing process 2 batches per day reduced from 11.3 hours to 10.0 hours which is equal to 12%. The result from this study was used to establish new standard procedure. Result after implementation found that the variation of working time significantly reduced due to utilization of visual control system and process improvement. Moreover, the fixed cost and labor cost decreased by 2.27 baht/kg and loss in process also decreased.

Department : Industrial Engineering Student's Signature Rangsima

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประเสริฐ อัครประถมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ที่ให้คำแนะนำตั้งแต่พบปัญหาจากโรงงาน ทั้งด้านทฤษฎีและแนวคิดตลอดจนสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการปฏิบัติงานจริงได้ ซึ่งการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ต้องขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภัสสวงศ์ โรจนโรวรรณ กรรมการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญวา ธรรมพิทักษ์กุล กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมาก พร้อมทั้งตรวจสอบ แก้ไขข้อ บกพร่องภายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งเป็นอาจารย์ที่ช่วยสั่งสอนเนื้อหาด้านทฤษฎีที่ได้ใช้ในงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สั่งสอนให้ความรู้ในขณะศึกษาปริญญาตรีที่ได้นำมาประยุกต์ใช้และบูรณาการในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณพนักงานในโรงงานตัวอย่างทุกท่าน ที่ได้ช่วยระดมสมองเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงการทำงานตั้งแต่ระดับผู้บริหารจนกระทั่งถึงระดับพนักงานในสายการผลิต และขอขอบพระคุณทุก ๆ ฝ่ายในโรงงานที่ได้ร่วมมือกันปรับปรุงและผลักดันจนกระทั่งได้มาตรฐานการผลิตใหม่ และเริ่มใช้ปฏิบัติงานจริงโดยไม่พบปัญหา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณมารดาข้าพเจ้าอย่างสูง ที่ช่วยผลักดัน ส่งเสริมการทำงานอีกทั้งช่วยดำเนินการในเรื่องเอกสารให้ในบางกรณี ประโยชน์และความดี อันพึงเกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา พี่น้อง เพื่อนนิสิต และพี่ ๆ ในบริษัทกรณีศึกษาทุกคน นอกจากนั้นขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่กรุณาให้ความร่วมมือช่วยเหลือ และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 11

1.3 ขอบเขตงานวิจัย..... 11

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 11

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 12

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย..... 13

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 14

2.1 การศึกษาวิธีการทำงาน..... 14

2.2 การผลิตแบบลีน..... 20

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับเวลานำในการผลิต..... 28

2.4 เทคนิคการตั้งคำถาม 5W 1H..... 31

2.5 การออกแบบการทดลอง..... 33

2.6 การทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส..... 47

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 51

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่ 3 การศึกษาปัญหาของโรงงานตัวอย่าง..... 55
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 55
3.2 การศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา..... 64

บทที่ 4 แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา..... 79
4.1 แนวทางการลดความสูญเปล่าตามหลักวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ และหลักการตั้งคำถาม 5W 1H..... 79
4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนและแนวทางการปรับปรุง..... 92
4.3 การออกแบบการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงวิธีมาตรฐานในการลดเวลาการผลิตและลดความคลาดเคลื่อนของเวลา..... 101
4.4 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาทำงาน..... 137

บทที่ 5 การประเมินผลทางเลือกและผลการปรับปรุง..... 140
5.1 การประเมินผลทางเลือกและผลการปรับปรุงจากฝ่ายโรงงาน..... 140
5.2 การประเมินผลการทดสอบการปรับปรุงกระบวนการในระดับโรงงานจำลอง..... 144
5.3 การประเมินผลการทดสอบการปรับปรุงกระบวนการในระดับการผลิตจริง..... 148
5.4 การประเมินผลการควบคุมการทำงานในการผลิตจริง..... 154

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 162
6.1 สรุปแนวทางการหาสาเหตุของปัญหา..... 164
6.2 สรุปแนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา..... 164
6.3 การแก้ไขปัญหาและการสรุปผลการปรับปรุง..... 166
6.4 ประโยชน์อื่น ๆ ที่ได้รับหลังการปรับปรุง..... 173
6.5 ปัญหาที่พบและข้อจำกัด..... 173
6.6 ข้อเสนอแนะ..... 174

รายการอ้างอิง..... 175

หน้า

ภาคผนวก 177
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ 178
ภาคผนวก ข วิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส 183
ภาคผนวก ค การใช้โปรแกรม MINITAB ช่วยในการคำนวณทางสถิติ 191
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 201

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	เวลาจริงจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร	9
2.1	ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H	32
2.2	การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน	41
2.3	การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ One-Way-ANOVA	43
2.4	การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก	45
2.5	การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ Two-Fixed Effect Model	46
2.6	วิธีทดสอบความแตกต่างโดยรวม (Overall difference Test)	48
3.1	ขั้นตอนมาตฐานการผลิตซอส (สำหรับซอสชนิด A)	61
3.2	สรุปลักษณะความสูญเปล่าแต่ละขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต	72
3.3	เวลาจริงจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร	75
3.4	กิจกรรมที่มีเวลาคลาดเคลื่อนสูง	78
4.1	ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H และการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS แบบประยุกต์ที่ใช้ในงานวิจัย	79
4.2	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการล้างหม้อผสมซอส	81
4.3	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	81
4.4	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	82
4.5	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	82
4.6	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 2 และ 3	83
4.7	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการกวนผสมแป้ง	83
4.8	การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการให้ความร้อนถึง 85 ^{o}C	84

ตารางที่		หน้า
4.9	ตัวอย่างการพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ.....	86
4.10	ผลสรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐาน พร้อมพิจารณาข้อจำกัดและการทดสอบด้านคุณภาพที่ต้องทำก่อนการปรับปรุงกระบวนการ.....	87
4.11	กิจกรรมที่มีเวลาคลาดเคลื่อนสูง.....	92
4.12	ผลสรุปสาเหตุหลักของปัญหาของเวลาคลาดเคลื่อนสูงและแนวทางแก้ไข.....	97
4.13	ผลสรุปการทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ.....	101
4.14	จำนวนจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากผลการทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงล้างหม้อผสม.....	103
4.15	ขนาดของเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เมื่อเวลาผ่านไป 0 -20 นาที.....	105
4.16	ระดับปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการบวมของเม็ดแป้ง.....	108
4.17	ผลการทดลองผลของเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง(μm) เมื่อเติมน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ หลังจากการกวนเป็นเวลา 0-10 นาที.....	110
4.18	ผลการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งจากกระบวนการทดลองแบบต่าง ๆ.....	115
4.19	ผลของความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการะบวนการผลิตแบบต่าง ๆ.....	118
4.20	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) ของตัวอย่างที่มาจากกระบวนการผลิตแตกต่างกัน.....	121
4.21	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) ของตัวอย่างที่มาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมครั้งที่ 3 ที่ต่างกัน.....	124
4.22	ผลการทดสอบการวิเคราะห์เกลือด้วยวิธีปัจจุบันด้วยพนักงานเทียบกับวิธีไตเตรตด้วยเครื่อง.....	126
4.23	ระดับปัจจัยนำเข้าของปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในซอส.....	128
4.24	ผลของค่า %ความชื้น %เกลือ %ของแข็ง เมื่อเติมน้ำตามปัจจัยนำเข้า.....	128
4.25	ผลของค่า %ความชื้น %เกลือจากตัวอย่างที่ถูกทิ้งออกมาจากท่อ.....	131
4.26	แสดงความสูงของฟองที่เกิดจากการทดลองบรรจุภายในห้องปฏิบัติการ.....	133
4.27	สรุปผลการทดสอบแนวทางการปรับปรุงในห้องปฏิบัติการ.....	134
4.28	ตัวอย่างแนวคิดกระดานควบคุมการปฏิบัติงานโดยการมองเห็น.....	137
5.1	ผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดเวลามาตรฐานในการผลิต.....	140
5.2	ผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิต.....	143

ตารางที่		หน้า
5.3	ขั้นตอนทดลองในระดับโรงงานจำลองในส่วนการผสมซอสเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุง	144
5.4	ผลการบันทึกเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมซอสเมื่อทดสอบในระดับโรงงานจำลองสำหรับระดับการผลิต 50 kg ต่อรอบการผสม	145
5.5	ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงในระดับโรงงานจำลอง	147
5.6	ขั้นตอนทดลองเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุง	148
5.7	ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงในระดับการผลิตจริง	153
5.8	ผลการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบการผลิต ตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่และมีการใช้ระบบควบคุมการทำงาน	155
5.9	เปรียบเทียบความผันแปรในกิจกรรมที่มีปัญหา ก่อนและหลังการปรับปรุง	159
5.10	ผลการทดสอบทางสถิติด้านการปรับปรุงการลดความแปรปรวนของเวลาในกระบวนการ	160
5.11	สาเหตุและแนวทางการแก้ปัญหาของขั้นตอนที่พบปัญหาเวลาความผันแปรสูงหลังการปรับปรุง	161
6.1	ผลสรุปขั้นตอนการปรับปรุงและหลักการที่ใช้เพื่อลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานและการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงาน	162
6.2	วิธีและเวลามาตรฐานแต่ละขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง	167
6.3	ต้นทุนคงที่และค่าแรงงานรวม เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง	173
ข-1	เกณฑ์การผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส	186
ข-2	การวิเคราะห์ Binomial Distribution	190

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	ยอดขายซอสชนิด A ที่ผลิตจากโรงงานตัวอย่าง	1
1.2	เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการผสมซอสขนาด 3.6 ตัน เมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน	3
1.3	แผนภูมิแสดงเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการผสมซอส ของหม้อผสมขนาด 3.6 ตัน	4
1.4	เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการบรรจุ สายการผลิต กึ่งอัตโนมัติบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)	6
1.5	แผนภูมิแสดงเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการบรรจุ 1 สาย การบรรจุอัตโนมัติในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)	7
1.6	กราฟแสดงเวลาจริงในขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร	10
2.1	แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ	33
2.2	การออกแบบบล็อกแบบสุ่มบริบูรณ์	38
2.3	ลักษณะการจัดเรียงตัวอย่างวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม	49
2.4	ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle test	50
3.1	ถังหมักซอส	55
3.2	เครื่องกรองซอส	55
3.3	ซอสถั่วเหลือง	55
3.4	แผนผังในอาคารผลิต B	56
3.5	ห้องผสมซอส	58
3.6	ห้องบรรจุซอส	59
3.7	ห้องบรรจุหีบห่อ	60
3.8	เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการผสมซอสขนาด 3.6 ตัน เมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน	62
3.9	เวลามาตรฐาน ในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการบรรจุ สายการผลิต กึ่งอัตโนมัติบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)	63
3.10	กราฟแสดงเวลาจริงในขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร	76

ภาพที่		หน้า
3.11	Box plot แสดงความคลาดเคลื่อนของเวลาแต่ละขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสมของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มล	77
3.12	Box plot แสดงความคลาดเคลื่อนของขั้นตอนที่มีความคลาดเคลื่อนสูง	78
4.1	แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา	91
4.2	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาเคลื่อนย้ายและการตรวจสอบน้ำหนักมีความคลาดเคลื่อนสูง	93
4.3	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลา กวนแป้งมีความคลาดเคลื่อนสูง	94
4.4	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาทำให้เย็นส่วนผสมถึง 50 $^{\circ}$C มีความคลาดเคลื่อนสูง	94
4.5	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ไปที่ห้องปฏิบัติการมีความคลาดเคลื่อนสูง	95
4.6	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาวิเคราะห์ผลมีความคลาดเคลื่อนสูง	96
4.7	แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาบรรจุมีความคลาดเคลื่อนสูง	96
4.8	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองตามแผนภูมิก้างปลา	104
4.9	การลักษณะของเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C	105
4.10	ผลการทดสอบการทดลองแจกแจงปกติ (Normality plot) ของขนาดเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C	106
4.11	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองตามแผนภูมิก้างปลา	109
4.12	ขั้นตอนการทดสอบการบวมของเม็ดแป้งต่อเวลาและอุณหภูมิ	109
4.13	การลักษณะของเม็ดแป้งหลังกวนแป้งในน้ำนาน 10 นาทีที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน	110
4.14	Normal Probability Plot ของเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง	110
4.15	กราฟของส่วนตกค้างกับเวลาที่เก็บข้อมูล	111
4.16	กราฟของส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต	111
4.17	กราฟการวิเคราะห์ผลของอันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิน้ำและเวลาการกวนแป้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง	112
4.18	กราฟการวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลักระหว่างอุณหภูมิน้ำและเวลาการกวนแป้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง	112
4.19	ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการปกติ	113

ภาพที่		หน้า
4.20	ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 30°C	114
4.21	ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 80°C	114
4.22	ลักษณะเม็ดแป้งจากกระบวนการทดลองแบบต่างๆ	116
4.23	การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normality test) ผลการทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย	118
4.24	ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 1	120
4.25	ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 2	120
4.26	ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 1	123
4.27	ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 2	123
4.28	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม	129
4.29	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %เกลือในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม	129
4.30	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ของแข็งในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม	129
4.31	%ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้ง	131
4.32	%เกลือในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้ง	132
4.33	ภาพความสูงของฟองที่เกิดจากการทดลองบรรจุภายในห้องปฏิบัติการ	133
4.34	ตัวอย่างกระดานควบคุมการทำงานหลังจากบันทึกแผนการผลิต	138
4.35	ตัวอย่างกระดานควบคุมการทำงานหลังบันทึกเวลาทำงานจริง	139
5.1	การติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อนในโรงงาน	142
5.2	รูปแสดงท่อน้ำร้อน (สีเงิน) และท่อน้ำเย็น (สีดำ) ที่ติดตั้งในโรงงาน	142
5.3	ป้ายแสดงสถานะการใช้น้ำร้อน	142
5.4	เครื่องวัดเกลืออัตโนมัติ	142
5.5	ที่แขวนและอุปกรณ์จำเป็นเพื่อลดการเคลื่อนไหวของพนักงานผสมซอส	142
5.6	ถังสำหรับใส่อุปกรณ์ที่ใช้แล้วเพื่อลดการเคลื่อนไหวของพนักงานผสมซอส	142
5.7	กราฟแสดงเวลาต่ออุณหภูมิของกระบวนการผลิตในระดับโรงงานจำลอง	146
5.8	ผลการเก็บข้อมูลเวลาในการผลิตซอสชนิด A ตามขั้นตอนการปรับปรุงในส่วนการผสมซอส เมื่อผลิต 2 หม้อผสมใน 1 วัน	151
5.9	ผลการเก็บข้อมูลเวลาในการผลิตซอสชนิด A ตามขั้นตอนการปรับปรุงในส่วนสายการบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มล.)เมื่อผลิต 2 หม้อผสมใน 1 วัน	152
5.10	ผลการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบการผลิตเทียบกับเวลามาตรฐานตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่และมีการใช้ระบบควบคุมการงาน	156

ภาพที่		หน้า
5.11	การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของเวลาโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง	157
5.12	ผลการทดสอบความแตกต่างของความผันแปรของเวลาโดยรวมเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง	158
6.1	มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานในขั้นตอนการผสมซอสชนิด A ขนาดผสม 3,600 กิโลกรัม	170
6.2	มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานในขั้นตอนการบรรจุซอสชนิด A ขนาดขวดบรรจุ 200 มิลลิลิตร	171
ข-1	ลักษณะสถานที่ชิมตัวอย่าง	185
ข-2	ลักษณะการนำเสนอตัวอย่าง	188
ข-3	แบบทดสอบการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม	189

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โรงงานที่ทำการศึกษา มีลักษณะเป็นโรงงานผลิตอาหารประเภทซอสถั่วเหลือง และ ซอสปรุงรสต่างๆ ที่มีส่วนผสมหลักจากซอสถั่วเหลือง ซึ่งทางโรงงานผลิตภายใต้ยี่ห้อของบริษัทหลักและรับจ้างผลิต (OEM) โรงงานดังกล่าวเริ่มมีการผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 การผลิตมีเพียง 1 กะในเวลาทำงาน 7:30 – 17:00 วันจันทร์ ถึงวันเสาร์ โดยในขณะเริ่มต้นกำลังการผลิตเท่ากับ 10.4 ตัน/วัน เมื่อผสมซอส 2 รอบต่อวัน โดยกระบวนการผสมซอสถือว่าเป็นจุดคอขวดที่เป็นขั้นตอนกำหนดกำลังการผลิตหลักของโรงงาน

ต่อมาการเติบโตของยอดขายสูงขึ้นเป็นอย่างมากโดยเฉพาะสินค้าหลักของโรงงานภายใต้ยี่ห้อของบริษัทหลัก ในที่นี้จะขอเรียกว่า ซอสชนิด A เนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การเติบโตของร้านอาหารญี่ปุ่น และการทำการตลาดอย่างสูง ทำให้ยอดขายสูงขึ้นอย่างมากตามข้อมูลจากฝ่ายขายในรูปที่ 1.1 อีกทั้งจำนวนผลิตภัณฑ์ใหม่ที่รับจ้างผลิตมีสูงขึ้นมากเช่นเดียวกัน ทำให้กำลังการผลิตใกล้เต็ม

รูป 1.1 ยอดขายซอสชนิด A ที่ผลิตจากโรงงานตัวอย่าง

เนื่องจากความต้องการของตลาดที่สูงขึ้น ทำให้ก่อนหน้านี้ทางฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ร่วมมือกับทางโรงงานเพื่อเพิ่มขนาดการผสมซอสต่อครั้งซึ่งส่งผลให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น

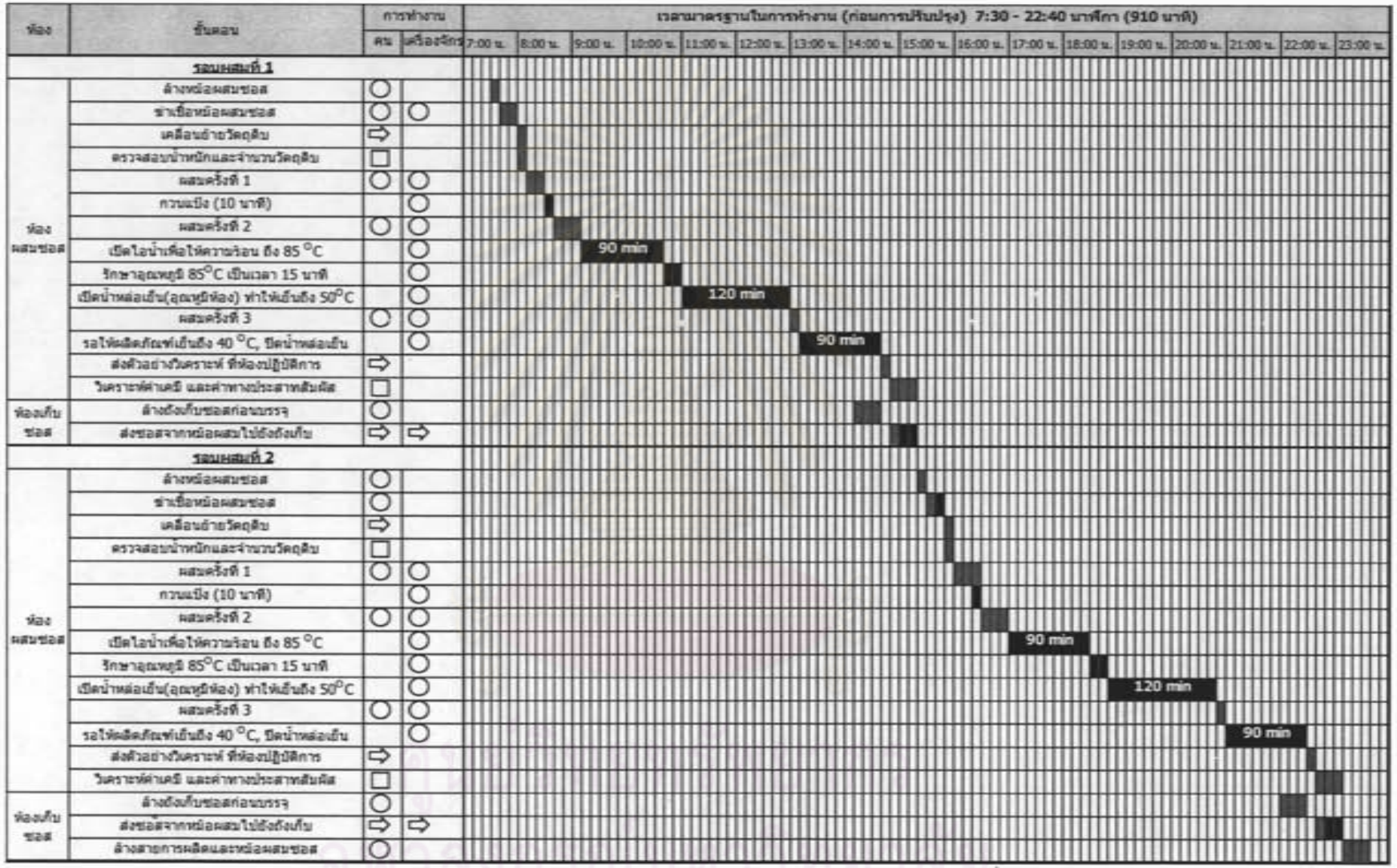
เป็น 12 ตันต่อวัน เมื่อผสมซอส 2 รอบต่อวัน แต่ในกระบวนการผลิตยังมีปัญหาอีกหลายส่วนที่ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อทำให้การผลิตรวดเร็วขึ้น ความคลาดเคลื่อนของเวลาการผลิตน้อยลง เพื่อสนับสนุนการเพิ่มขึ้นของความต้องการทางตลาดที่สูงขึ้น ปัญหาดังกล่าวแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่

1.1.1. กระบวนการผลิตตามขั้นตอนมาตรฐานใช้เวลานานเกินไป

เนื่องจากยอดขายที่เพิ่มขึ้นทางโรงงานจำเป็นต้องผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน เมื่อพิจารณาที่ในจุดที่ช้าในการกระบวนการผลิต คือส่วนของห้องผสมซอส ในกรณีที่ผลิต 2 หม้อผสมต่อวันจะใช้เวลาการทำงานตามเวลามาตรฐานดังรูปที่ 1.2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเวลามาตรฐานในปัจจุบันที่ใช้นั้นเกินเวลาทำงานปกติไปมาก (โดยเวลาการทำงานปกติของโรงงานนี้อยู่ที่ 7:30 – 17:00) ส่งผลให้พนักงานในห้องผสมซอสต้องทำงานล่วงเวลาทุกวัน เกิดค่าใช้จ่ายคงที่สูง ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตรองรับความต้องการต่อไปในอนาคตได้

เวลามาตรฐาน ในการผลิตซอสชนิด A หม้อผสมซอสขนาด 3.6 ตัน เมื่อเทียบกับเวลาทำงานจริงเป็นดังรูปที่ 1.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

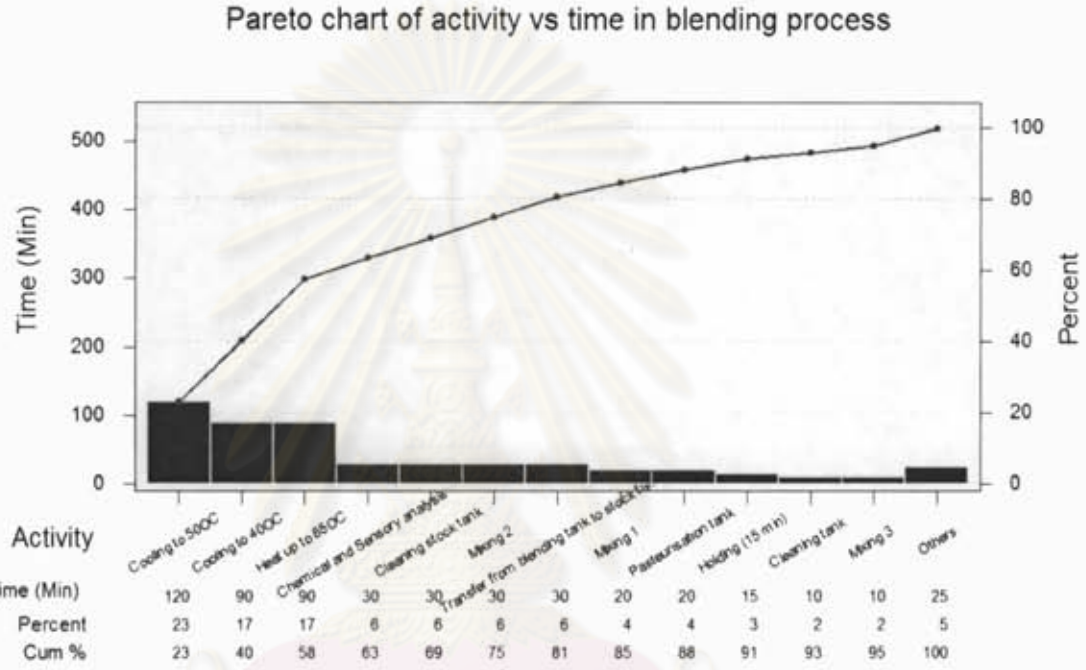


หมายเหตุ ▣ = ทำงานโดยคน ■ = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 1.2 เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการผสมซอสขนาด 3.6 ตัน เมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน

จากรูปที่ 1.2 เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการผสมซอสหม้อผสมขนาด 3.6 ตัน เมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน พบว่าใช้เวลามาตรฐานของกระบวนการทำงานเท่ากับ 15.2 ชั่วโมง ซึ่งเกินช่วงเวลาการทำงานปกติไปอยู่มาก อีกทั้งในขั้นตอนนี้ยังมีการเปิดน้ำระหว่างกระบวนการหล่อเย็นทิ้งไปเป็นจำนวนมาก ดังนั้นกระบวนการในห้องผสมซอสควรเป็นจุดที่ต้องปรับปรุงอย่างเร่งด่วน

เมื่อใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อวิเคราะห์เวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแสดงเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการผสมซอสของหม้อผสมขนาด 3.6 ตัน

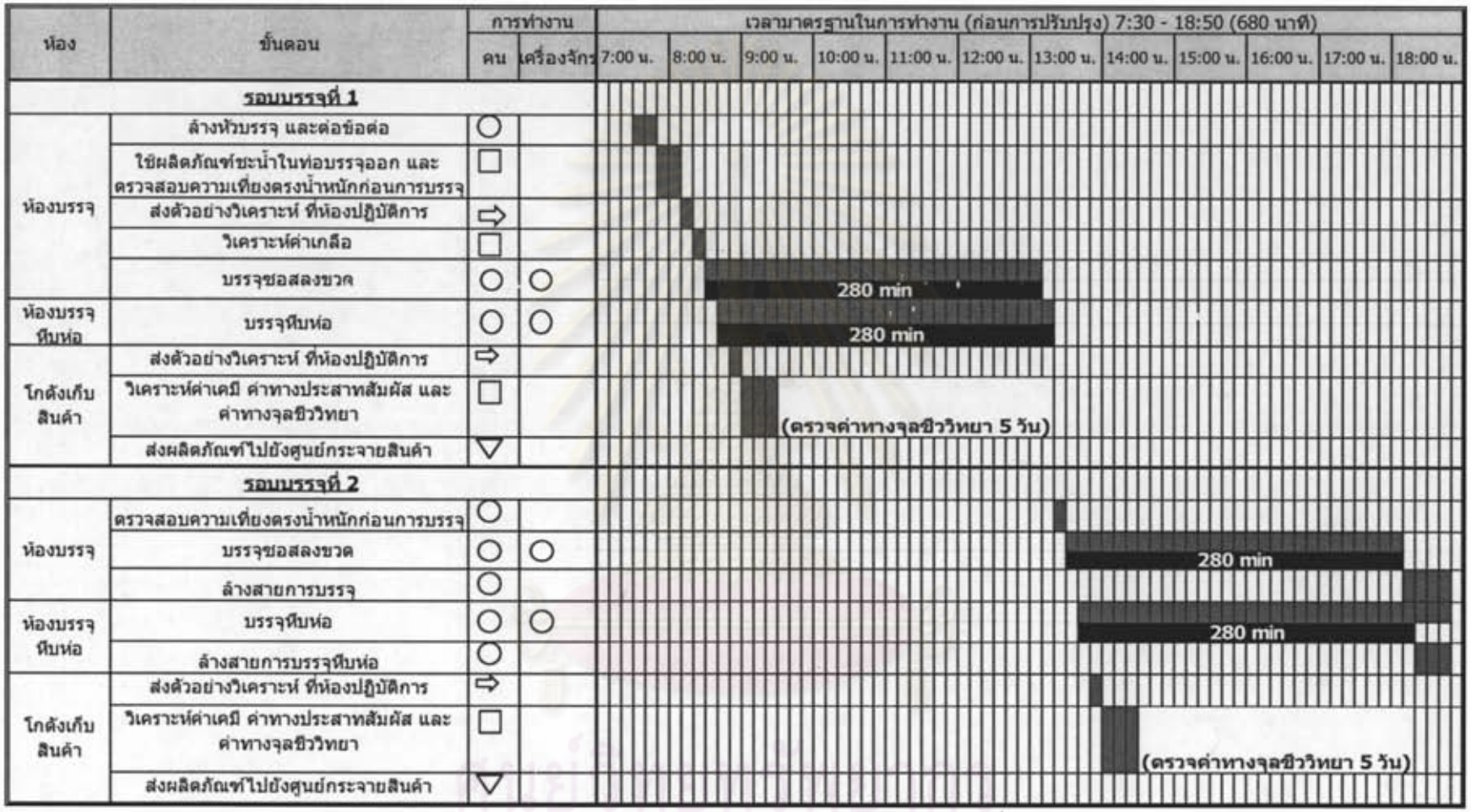
จากรูปที่ 1.3 จะพบว่า เวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการทำซอสให้เย็นและ การให้ความร้อน ซึ่งทำงานด้วยเครื่องจักรโดยใช้เวลาสูงสุดรวมกันถึง 58% ของการทำงานทั้งหมด และเวลาในช่วงนี้มีแต่เครื่องจักรทำงานโดยที่คนต้องมีเวลาคอยเครื่องจักรทำงานเป็นเวลานาน เกิดความสูญเปล่าจากการทำงานของคนขึ้นเป็นหลัก ดังนั้นจึงเกิดแนวคิดปรับปรุงมาตรฐานวิธีการทำงานตั้งแต่การปรับปรุงเครื่องจักรตลอดจนถึงกระบวนการผลิต เช่นการติดตั้งหอหล่อเย็นเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นเร็วขึ้นและมีการวนน้ำกลับมาใช้ใหม่ หรือการติดตั้งหม้อต้มน้ำเพื่อใช้น้ำร้อนในกระบวนการ ซึ่งส่งผลให้เวลาทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิที่ต้องการเร็วขึ้น เป็นต้น

เมื่อพิจารณาในบางขั้นตอนซึ่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี (Necessary non value added) เช่นการวิเคราะห์ตัวอย่าง ควรจะพิจารณาถึงความจำเป็น และ

การปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อทำให้เกิดความรวดเร็วขึ้นเป็นต้น โดยเฉพาะการวิเคราะห์ตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิต แต่ทั้งนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายต้องไม่ต่างจากเดิม

เมื่อซอสชนิด A ผสมเสร็จ จะถูกเก็บไว้ในถังเก็บซอสก่อนบรรจุเพื่อรอบรรจุในวันรุ่งขึ้น 2 รอบผสมพร้อมกัน การบรรจุเป็นสายการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยพนักงานจะเป็นผู้เรียงขวดขึ้นสายการบรรจุ และ ควบคุมระดับการบรรจุ หลังจากบรรจุซอสลงขวดแล้ว ขวดซอสจะถูกบรรจุลงหีบห่ออย่างต่อเนื่องให้ห้องบรรจุถัดไป เวลาในการทำงานของคนและเครื่องจักรสำหรับสายการบรรจุเป็นไปตามรูปที่ 1.4

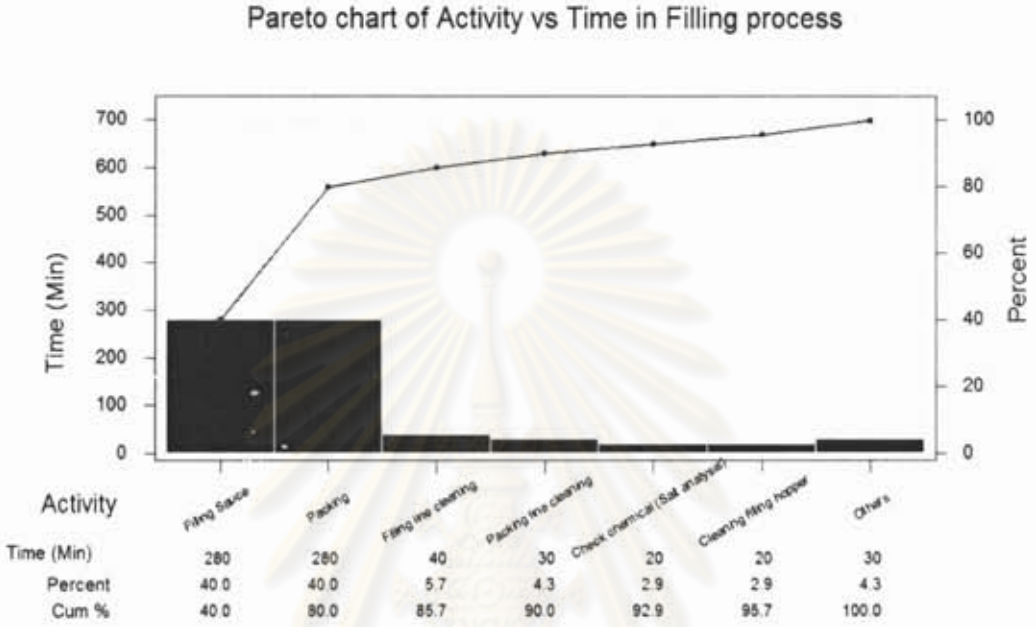
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ ▣ = ทำงานโดยคน ■ = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 1.4 เวลามาตรฐาน ในการผลิตขอสชนิด A ขั้นตอนการบรรจุ สายการผลิตกึ่งอัตโนมัติบรรจุขอสในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)

จากรูปที่ 1.4 สายการผลิตอัตโนมัติบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร) จากการผลิต 2 รอบผสมต่อวัน จะพบว่าเวลามาตรฐานของกระบวนการผลิตยังเกินเวลาการทำงานปกติอยู่ ดังนั้นกระบวนการมาตรฐานในบรรจุซอสควรเป็นจุดที่ต้องปรับปรุงเช่นกัน เมื่อใช้แผนภูมิพาเรโต วิเคราะห์เวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมเป็นดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.5 แผนภูมิแสดงเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมในขั้นตอนการบรรจุ 1 สายการบรรจุอัตโนมัติในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)

จากรูปที่ 1.4 จะพบว่าเวลามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการบรรจุซอสลงขวด และบรรจุหีบห่อใช้เวลารวมสูงสุดถึง 80% ของการทำงานทั้งหมด แต่ขั้นตอนทั้งสองเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value added activity) อีกทั้งสองกระบวนการนี้ ยังมีการทำงานของคนและเครื่องจักรพร้อมกัน

เมื่อพิจารณาต่อไปถึงเวลาที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี(Necessary non value added) ที่ใช้เวลานานถัดไปคือการวิเคราะห์ค่าเคมีของซอส การส่งตัวอย่างซอสไปห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่อยู่ชั้นที่สองของอาคาร ดังนั้นควรจะพิจารณาถึงความจำเป็น และการปรับปรุงวิธีการทำงานหรือปรับปรุงทางด้านผังโรงงานเพื่อทำให้เกิดความรวดเร็วขึ้นเป็นต้น โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นไม่แตกต่างจากวิธีการทำงานแบบเดิม

จากปัญหาเวลามาตรฐานที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมตั้งแต่กระบวนการผสมซอส จนกระทั่งจบกระบวนการบรรจุซอสใช้เวลานานเกินไปทำให้เกิดแนวคิดในการปรับปรุงมาตรฐานการผลิต โดยพิจารณาในแต่ละขั้นตอน เพื่อให้เวลามาตรฐานในกระบวนการผลิตทั้งหมดลดลง

1.1.2 การทำงานขาดการควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามขั้นตอนมาตรฐาน

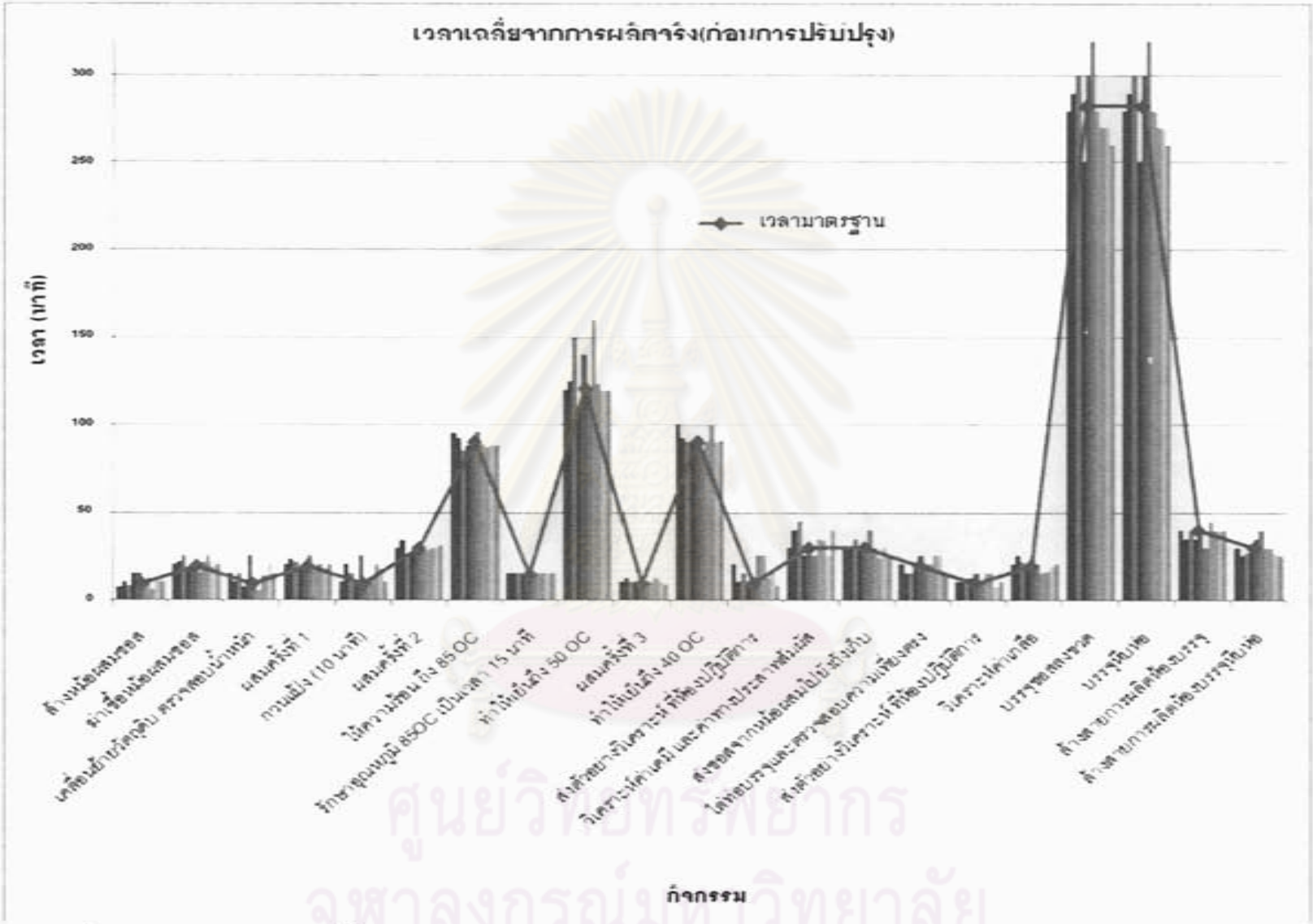
ในห้องผสมซอสจะประกอบไปด้วย 4 หม้อผสมที่พนักงานต้องทำงานพร้อมๆกัน ได้แก่ หม้อผสมขนาด 3.6 ตัน 1 หม้อ, 1.2 ตัน 1 หม้อ และ 0.6 ตัน 2 หม้อ โดยจะมีเพียงหม้อใหญ่ขนาด 3.6 ตัน 1 หม้อ ที่สามารถตั้งเวลาการผลิตแบบอัตโนมัติได้ ส่วนหม้อผสมอื่นๆจะเป็นไม่สามารถตั้งเวลาการผลิตแบบอัตโนมัติได้ทั้งหมด

ในปัจจุบัน วิธีการควบคุมเวลามาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เวลาที่ใช้ และสูตรการผสมจะถูกควบคุมด้วยกระดาษบันทึกการผลิต 1 แผ่น ต่อ 1 สูตรการผลิต แต่เนื่องจากขั้นตอนการผลิตซอสแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไป ทำให้พนักงานต้องคอยหมั่นตรวจสอบบันทึกการผลิตแต่ละแผ่น ในบางครั้งพนักงานเกิดการลืมไปว่าช่วงเวลานี้ควรจะต้องทำกิจกรรมในขั้นตอนใด อีกทั้งใบบันทึกการผลิตหัวหน้างานจะคอยตรวจสอบเป็นหลัก ทำให้ไม่เกิดการควบคุมการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้พนักงานในสายการผลิตไม่สามารถจัดลำดับเวลาการทำงานด้วยตัวเองได้ ด้วยสาเหตุเบื้องต้นดังกล่าวทำให้เวลาในการผลิตจริงไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในกระบวนการผลิตสูง เมื่อพิจารณาจากการเก็บข้อมูลการทำงานจริงในสายการผลิตโดยสุ่มตัวอย่าง 10 หม้อผสม ภายในระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ทราบว่าการทำงานในแต่ละวันของพนักงานมีความคลาดเคลื่อนออกไปจากเวลามาตรฐานอยู่สูงในหลายจุด ตามตารางที่ 1.1 และรูปที่ 1.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 เวลาจริงจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร

	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	คนทำงาน	เครื่องจักรทำงาน	ระยะเวลา (นาที) เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด	พิสัย (Range)	หมายเหตุ
1	ล้างหม้อผสมซอส	○		10	10.1	3.11	6	15	9	
2	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○		20	20.9	3.03	15	25	10	
3	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ตรวจสอบน้ำหนัก	⇨		10	14.0	6.13	5	25	20	
4	ผสมครั้งที่ 1	○	○	20	20.4	2.22	18	25	7	
5	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	15.1	5.40	10	25	15	
6	ผสมครั้งที่ 2	○	○	30	29.4	2.41	25	34	9	
7	ให้ความร้อน ถึง 85 °C		○	90	90.1	3.54	85	96	11	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
8	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที		○	15	15	0.00	15	15	0	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
9	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C		○	120	128.8	15.85	110	160	50	พนักงานติดพักกลางวัน
10	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	10.1	1.20	8	12	4	
11	รอให้ส่วนผสมเย็นถึง 40 °C ปิดวาล์วน้ำและใบกวน		○	90	91.7	4.79	85	100	15	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
12	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	14.7	6.60	8	25	17	
13	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทาง	□		30	32.9	7.13	25	45	20	
14	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨	⇨	30	29.7	4.88	24	40	16	
15	ใช้ผลิตภัณฑ์ขะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และตรวจสอบความเที่ยงตรง	□		10	11	2.31	8	15	7	
16	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	11.6	2.72	7	15	8	
17	วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		20	20.2	3.26	15	25	10	
18	บรรจุซอสลงขวด	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
19	บรรจุหีบห่อ	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
20	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุ	○		40	38.5	4.12	30	45	15	
21	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุหีบห่อ	○		30	29.9	4.63	25	40	15	



รูปที่ 1.6 กราฟแสดงเวลาจริงในขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสมของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อปรับปรุงมาตรฐานในกระบวนการการผลิตซอสเพื่อให้สามารถลดเวลาการทำงาน และควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ต่างจากเดิม

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงกระบวนการมาตรฐานของการผลิตซอสชนิด A ในอาคารผลิต B ของโรงงานตัวอย่าง ตั้งแต่กระบวนการผสมซอส จนกระทั่งจบกระบวนการบรรจุหีบห่อ โดยการปรับปรุงมาตรฐานของกระบวนการผลิตซอสนั้นมุ่งเพื่อลดเวลาการทำงานโดยจะปรับปรุงทั้งวิธีการทำงานของคน และวิธีการทำงานของเครื่องจักร โดยคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตวิธีใหม่นั้นจะต้องไม่แตกต่างจากคุณภาพการมาตรฐานการผลิตปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามหลักสถิติ

ข้อกำหนดด้านคุณภาพที่นำมาพิจารณาได้แก่

- ค่าวิเคราะห์ทางเคมี (ตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์)
- ค่าวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา (ตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์)
- ค่าวิเคราะห์ทางกายภาพ (ขนาดเม็ดแป้ง, ความหนืด)
- ค่าวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นรส, รสชาติ)

นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่อหาแนวทาง และเครื่องมือในการควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามขั้นตอนมาตรฐานตามที่ได้ทำการปรับปรุง

สิ่งที่ส่งมอบให้แก่โรงงานหลังจบงานวิจัยคือ มาตรฐานกระบวนการผลิตใหม่พร้อมแนวทางการปรับปรุงวิธีการทำงานของคนและเครื่องจักรที่สามารถทำให้เวลาการผลิตลดลง และระบบที่ช่วยควบคุมการทำงานของพนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและงานวิจัยตัวอย่าง รวมถึงศึกษาวิเคราะห์ระบบการวางแผนและควบคุมการผลิตของโรงงานตัวอย่าง
2) เก็บข้อมูลเวลาการทำงานในส่วนกระบวนการผสมซอส จนกระทั่งจบกระบวนการบรรจุซอส เทียบกับแผนการผลิต
3) สำรวจสภาพปัญหาและกำหนดเป้าหมายโครงการในการหาวิธีปรับปรุงกระบวนการ

4) วิเคราะห์เวลาและลักษณะการทำงานในแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมถึงจำนวนพนักงานที่ใช้ในแต่ละสถานีงาน หน้าที่ความรับผิดชอบ พร้อมจำแนกประเภทงานตามหลักการศึกษาการทำงาน

5) วิเคราะห์การทำงานในแต่ละขั้นตอน และหาวิธีปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่ที่สามารถลดเวลาได้ โดยการใช้เทคนิคการตั้งคำถาม 5W 1H แนวคิดเกี่ยวกับเวลานำ และใช้แนวคิดเรื่องการผลิตแบบลีน

6) นำแนวคิดที่ได้แต่ละขั้นตอนมาทดสอบ ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) โดยใช้หลักการการออกแบบการทดลอง (Design of experiment) โดยเทียบกับวิธีการปัจจุบันว่าไม่มีความแตกต่างทางคุณภาพ

7) ทดสอบกระบวนการใหม่ที่ผ่านการทดสอบจากระดับห้องปฏิบัติการมาทดสอบต่อในระดับโรงงานจำลอง (Pilot plant scale)

8) ทดสอบกระบวนการใหม่ที่ปรับปรุงในระดับการผลิตจริง (Actual production scale) เพื่อยืนยันคุณภาพและตรวจสอบเวลาที่สามารถลดได้จริง

9) สร้างเครื่องมือที่ช่วยวางแผนและควบคุมกระบวนการผลิต และติดตั้งใช้จริงในโรงงาน

10) ประเมินผลด้านคุณภาพ (Quality assessment) กับทางโรงงานเพื่อขออนุมัติเปลี่ยนวิธีการผลิตจริง

11) ปรับปรุงใช้เป็นวิธีการจริงในการทำงานและทดลองใช้ระบบความคุม พร้อมติดตามผล

12) สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

13) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้เวลามาตรฐานการผลิตลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงทั้งวิธีการทำงานของคนและเครื่องจักรโดยที่คุณภาพไม่ต่างจากวิธีการเดิม

2) ได้เครื่องมือและวิธีการทำงานเพื่อควบคุมการทำงานที่สามารถลดความคลาดเคลื่อนให้ลดลง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เวลาการผลิตลดลงจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต ส่งผลให้ ค่าต้นทุนคงที่ และ ค่าล่วงเวลาพนักงานลดลง

2) ทางโรงงานจะมีเครื่องมือที่ควบคุมการทำงานซึ่งทำให้พนักงานในการผลิตทำงานแต่ละขั้นตอนได้อย่างตรงตามวิธีมาตรฐาน

1.7 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการทำงาน	เม.ย.-52	พ.ค.-52	มิ.ย.-52	ก.ค.-52	ส.ค.-52	ก.ย.-52	ต.ค.-52	พ.ย.-52	ธ.ค.-52	ม.ค.-53	ก.พ.-53	มี.ค.-53	เม.ย.-53	พ.ค.-53	มิ.ย.-53	ก.ค.-53
1. ระยะเวลาศึกษาข้อมูลของโรงงาน และทฤษฎีเกี่ยวข้อง พร้อมกำหนดปัญหา	■	■														
2. เก็บข้อมูลเวลาการทำงาน		■	■	■												
3. จำแนกข้อมูลและหาสาเหตุของปัญหา				■	■											
4. วิเคราะห์การทำงานในแต่ละขั้นตอน และหาวิธีปรับปรุงวิธีการทำงานแบบใหม่						■	■									
5. นำแนวคิดที่ได้แต่ละขั้นตอนมาทดสอบ ในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้หลักการการออกแบบการทดลอง								■	■	■						
6. ทดสอบกระบวนการใหม่ที่ผ่านการทดสอบจากระดับห้องปฏิบัติการมาทดสอบต่อในระดับโรงงานจำลอง											■					
7. สร้างเครื่องมือที่ช่วยควบคุมการทำงานและติดตั้งในการผลิตจริง												■				
8. ทดสอบกระบวนการใหม่พร้อมการใช้เครื่องมือควบคุมการทำงานในระดับการผลิตจริง													■			
9. จัดทำมาตรฐานการทำงานใหม่ และ ประเมินผลด้านคุณภาพกับโรงงานเพื่อขออนุมัติผลิตจริง														■		
10. ติดตามผลการผลิตจริงตามมาตรฐานการทำงานใหม่และมีเครื่องมือช่วยควบคุมการทำงาน															■	
11. สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ พร้อมจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์														■	■	■

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาวิธีการทำงาน (Method study)

การศึกษาวิธีการทำงาน (George Kanawaty, 1992) เป็นการเก็บบันทึกเก็บอย่างมีขั้นตอนและการตรวจตราอย่างถี่ถ้วนของแนวทางการทำงานที่มีอยู่แล้ว และที่จะเสนอขึ้นมาใหม่ การศึกษาวิธีการทำงานนี้จะนำไปสู่การพัฒนา และการประยุกต์วิธีการที่ง่าย และมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายลงได้ โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อปรับปรุงกระบวนการและวิธีการทำงาน
2. เพื่อปรับปรุงการปฏิบัติงาน วางแผนผังโรงงาน สถานที่ตั้งในการทำงานตลอดจนแบบโรงงาน และเครื่องจักรเครื่องมือต่าง ๆ
3. ลดความพยายามที่ไม่จำเป็นลง พร้อมทั้งขจัดความเมื่อยล้า
4. ปรับปรุงการใช้เครื่องจักร วัสดุ และแรงงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.1.1 วิธีการศึกษาการทำงาน

1. การเลือกงาน

กิจกรรมที่จะทำการศึกษาการทำงานมีมากมาย ดังนั้น การจะใช้ประโยชน์จากการศึกษาการทำงานได้อย่างเต็มที่คือ การรู้จักดำเนินการศึกษาการทำงานที่จะมีความสำคัญ และมีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนก่อน ในขณะเดียวกันก็ป้องกันการเสียเวลาในการศึกษาการทำงานซึ่งอาจจะไม่ก่อให้เกิดผลดีต่อองค์กร กิจกรรมการศึกษาการทำงานเป็นกิจกรรมต่อเนื่อง เพราะความสูญเสียในองค์กรไม่ว่าเป็นองค์กรที่เป็นหน่วยผลิตหรือหน่วยบริการมีอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ และต้องการขจัดทิ้งไป รวมทั้งต้องการการพัฒนาระบบงานอย่างต่อเนื่อง การแก้ไขปัญหาของงานหนึ่งอาจจะมีผลทำให้ไม่ต้องเสียเวลาในการแก้ปัญหาของงานอีกหลาย ๆ งานก็ได้ การกำหนดความสำคัญก่อนหลังของงานที่จะเลือกทำ จึงเป็นขั้นตอนแรกของการศึกษาการทำงาน

2. การบันทึกงาน

เป็นการเก็บข้อมูลการทำงานเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาความบกพร่องและสาเหตุความบกพร่องเป็นงานขั้นตอนต่อจากการเลือกงาน ถ้าเรามีวิธีการในการบันทึกงานที่เลือกจะศึกษา ทำให้เข้าใจปัญหาและสาเหตุของปัญหาได้ง่าย การวิเคราะห์ปัญหาจะตรงประเด็นและง่ายต่อการเข้าใจถึงปัญหาที่แท้จริงของงาน ช่วยให้สามารถพัฒนาวิธีการทำงานที่ดีกว่า และกำหนดมาตรฐานของงานเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป การบันทึกงานจึงเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่ขาดไม่ได้ การบันทึกที่เป็นส่วนของข้อมูลที่เป็นจริงและสมบูรณ์เท่านั้นจึงจะใช้ประโยชน์ได้ ถ้าบันทึกงานไม่ถูกต้องและไม่

ครบถ้วนบริบูรณ์ อาจจะทำให้การวิเคราะห์ผิดไป และการปรับปรุงพัฒนาวิธีการทำงานก็จะไม่ได้ผล

3. **การวิเคราะห์งาน**

การวิเคราะห์งานเป็นขั้นตอนที่ช่วยให้เข้าใจปัญหาและเกิดแนวคิดในการแก้ไขปัญหา เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์งานคือ เทคนิคการตั้งคำถาม เทคนิคการแบ่งแยกความสำคัญของปัญหา และเทคนิคการแบ่งแยกประเภทของงาน ถ้าตั้งคำถามกับกิจกรรมต่าง ๆ ที่บันทึกมาได้ เราจะได้คำตอบที่เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระบบงาน และช่วยให้กำหนดทางเลือกใหม่ ซึ่งจะช่วยให้เกิดวิธีการทำงานที่ดีกว่า การแบ่งแยกความสำคัญของปัญหา จะทำให้สามารถแยกแยะกระบวนการและวิธีการทำงานว่าขั้นตอนใดเป็นหัวใจของปัญหาและจะปรับปรุงแก้ไขปัญหาให้ได้วิธีการที่ดีขึ้น โดยกำหนดแก้ไขปัญหาที่ส่งผลกระทบมากก่อน ส่วนการแบ่งแยกประเภทของงานทำให้ทราบว่างานใดเป็นงานประเภทที่สามารถลดขั้นตอนได้ งานใดควรจะปรับปรุงให้เหมาะสมขึ้น

4. **การปรับปรุงงาน**

การปรับปรุงงานจะอาศัยเทคนิคการ ละ ลด รวบงาน เพื่อปรับปรุงให้มีขั้นตอนที่มีความซับซ้อนยุ่งยากน้อยลง ลดงานที่ไม่จำเป็นและตัดลดความสูญเสียต่าง ๆ จากการกำหนดทราบส่วนงานที่เราเรียกว่าเวลาไร้ประสิทธิภาพ (เวลาที่ไม่ได้ทำอะไรและไม่เกิดผลผลิตใด ๆ ในการดำเนินการผลิต) และเวลาส่วนเกิน (เวลาที่ใช้ไปในการทำงานแต่ไม่เกิดผลงานอะไร) รวมทั้งการกำหนดแหล่งที่มาของความสูญเสีย การปรับปรุงงานจึงเป็นขั้นตอนที่นำมาซึ่งวิธีการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

5. **การเปรียบเทียบประเมินผลการปรับปรุงการทำงาน**

ในขั้นตอนการเปรียบเทียบประเมินผล การปรับปรุงงานจะเป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลงาน โดยทั่วไปจะต้องทำการวัดผลงานของวิธีการทำงานเดิมก่อน โดยมีเกณฑ์การวัดผลงานซึ่งอาจจะเป็นเวลาทำงาน ระยะทางที่ต้องเดินทางจำนวนขั้นตอนที่ทำ ผลผลิตที่ได้รับ อัตราผลิตภาพ (Productivity Index) ฯลฯ และโดยการวัดผลงานในระบบเดียวกัน เราจะสามารถประเมินผลการปรับปรุงงานได้ว่า การใช้วิธีการทำงานใหม่จะส่งผลให้ได้ผลงานดีกว่าการทำงาน ด้วยวิธีการทำงานแบบเดิมในปริมาณ จำนวน อัตราส่วนหรือเปอร์เซ็นต์เท่าไร

6. **การประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน**

เป็นกิจกรรมการกำหนดมาตรฐานขั้นตอนวิธีการทำงาน เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาบุคลากร และถือเป็นเกณฑ์ปฏิบัติสำหรับคนงานและระบบงาน ใช้เป็นข้อมูลเพื่อกำหนดแผนงานและเป็นเครื่องมือในการควบคุมการทำงาน การผลักดันให้คนงานยอมรับในกระบวนการ วิธีการทำงานใหม่เป็นงานที่ต้องใช้ความอดทน และถ้าขั้นตอนการประยุกต์นี้ล้มเหลว ซึ่งอาจจะเป็นผล

มาจากการไม่ร่วมมือของคนงานในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงาน หรือเกิดจากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงานจริง ในระยะเวลาไม่นานก็กลับไปทำงานในวิธีเดิมที่คุ้นเคยกว่า ความล้มเหลวดังกล่าว ก็คือความล้มเหลวของการศึกษาการทำงาน

ประโยชน์ของการศึกษาการทำงาน

การศึกษาการทำงาน เป็นเครื่องมือของการเพิ่มผลผลิตทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการ ดังนั้น ประโยชน์เบื้องต้นก็คือ ช่วยให้เกิดผลงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น จุดเน้นของการศึกษาการทำงานจึงอยู่ที่ ทำงานน้อยได้งานมาก การศึกษาการทำงานจึงมีหน้าที่ในการพัฒนาระบบงานหรือวิธีการทำงานให้ง่ายขึ้น และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2.1.2 **การศึกษาเวลา**

การศึกษาเวลา คือ เทคนิคการวัดผลงานซึ่งมีกระบวนการเพื่อกำหนดหาเวลาในการทำงานโดยคนงานที่เหมาะสม ซึ่งทำงานในอัตราที่ปกติ ภายใต้เงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน โดยมีผลลัพธ์ของการวัดผลงานเรียกว่า เวลามาตรฐานจากคำนิยามของการศึกษาเวลา เราพอกำหนดหลักการพื้นฐานของการศึกษาเวลาได้ดังต่อไปนี้

- การศึกษาเวลาจะต้องใช้กระบวนการในการหาเวลาในการทำงาน
- คนงานที่ใช้ศึกษาในการศึกษาเวลาจะต้องเป็นคนงานที่มีความเหมาะสม
- คนงานที่ใช้ศึกษาต้องทำงานในอัตราปกติ
- ต้องมีเงื่อนไขมาตรฐานในการวัดผลงาน
- ผลลัพธ์ของการศึกษาเวลา คือ เวลามาตรฐานของการทำงาน

กระบวนการศึกษาเวลา กล่าวโดยละเอียดเป็นขั้นตอนของการศึกษาเวลาซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์การจับเวลา กระบวนการแบ่งแยกย่อยงาน เทคนิคการจับเวลาและขั้นตอนในการกำหนดเวลามาตรฐานคนงานที่ใช้เป็นหุ่นสำหรับการศึกษาเวลา จะต้องเป็นคนงานที่มีความรู้ ความสามารถในการทำงานที่จะศึกษาเป็นอย่างดี โดยมีประสบการณ์หรือผ่านการฝึกฝนจนคล่องแคล่วในการทำงานที่จะใช้ศึกษาเวลา การทำงานระหว่างการศึกษาเวลาจะต้องไม่ติดอุปสรรคจนไม่สามารถเก็บบันทึกข้อมูลเวลาทำงานได้อย่างถูกต้อง ให้ความร่วมมือในการทำงานอย่างปกติไม่ช้าไม่เร็วเกินไป ไม่ปิดบังข้อมูลที่เก็บบันทึกเวลาผิดไปจากความเป็นจริง เพื่อให้ได้ข้อมูลเวลาซึ่งใช้เป็นมาตรฐานสำหรับคนส่วนใหญ่ได้

ในการศึกษาเวลา เงื่อนไขมาตรฐานที่ต้องคำนึงคือ มาตรฐานการวัดเวลา มาตรฐานเครื่องมือวัดเวลา และมาตรฐานการทำงาน การวัดเวลาจะต้องมีความน่าเชื่อถือและมีความมั่นคงสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ใช้วัดก็เช่นกัน ถ้าเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยและมาตรฐานการวัดที่สอดคล้องกัน

ก็จะยิ่งมประสิทธิภาพมากขึ้น และส่วนสุดท้ายคือมาตรฐานการทำงานซึ่งจะต้องครอบคลุมตั้งแต่วิธีการทำงาน สถานที่ทำงาน ระยะเวลาการทำงาน และสภาพแวดล้อมในการทำงาน องค์ประกอบของการทำงานเหล่านี้จะต้องได้มาตรฐานก่อนการศึกษาเวลา

การกำหนดเวลามาตรฐานของการทำงาน จะประกอบด้วยเวลาที่บันทึกได้จากการทำงานซึ่งจะต้องคำนวณหาเวลาที่ใช้เป็นค่าตัวแทนของเวลาของการทำงานหรือ ค่าเวลาที่เลือก (Select time) เมื่อประเมินตามอัตราความเร็วของการทำงานของคนงานและมีการปรับค่าการประเมินแล้วจะได้เป็นค่าเวลาปกติ (Normal time) และเมื่อมีการเพิ่มเวลาเผื่อ จะได้ค่าเวลาเป็น เวลามาตรฐาน (Standard time)

องค์ประกอบของการศึกษาเวลา

- ผู้บริหารและหัวหน้าคนงาน
- คนงาน
- ผู้ศึกษาเวลา
- เครื่องมือจับเวลาและแบบฟอร์มต่าง ๆ
- วิธีการทำงานและองค์ประกอบทางการผลิตของงานที่จะศึกษาเวลา

2.1.3 สัญลักษณ์ของการบันทึกกระบวนการผลิต

การบันทึกข้อเท็จจริงเกี่ยวกับงาน หรือการปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตจะใช้สัญลักษณ์มาตรฐานซึ่งมีอยู่ห้าสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

○ ***วงกลมคือ สัญลักษณ์แทนการปฏิบัติงาน*** สัญลักษณ์นี้ บ่งบอกถึงขั้นตอนที่สำคัญในกระบวนการผลิต วิธีการ หรือแนวทางการปฏิบัติงาน โดยทั่วไปแล้วจะบอกถึงการปรับปรุง แก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงรูปของชิ้นส่วน วัสดุ หรือผลิตภัณฑ์ในขณะทำการปฏิบัติงาน

□ ***สี่เหลี่ยม คือ สัญลักษณ์แทนการตรวจสอบงาน*** สัญลักษณ์นี้ บ่งบอกถึงการตรวจสอบคุณภาพของงาน หรือการตรวจสอบปริมาณงาน

⇨ ***ลูกศร คือ สัญลักษณ์แทนการขนถ่าย*** สัญลักษณ์นี้ บ่งบอกการเคลื่อนไหวของคนงาน วัสดุ หรือเครื่องจักรจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง

D **คือ สัญลักษณ์แทนการที่เก็บพักชั่วคราว** สัญลักษณ์นี้ บ่งบอกถึงการรอที่เกิดขึ้นในลำดับขั้นของเหตุการณ์ ตัวอย่างเช่น งานที่รอคอยอยู่ ระหว่างการปฏิบัติงานของหน่วยงานต่อเนื่องกัน หรือ สิ่งต่าง ๆ ที่ทิ้งไว้ข้าง ๆ ชั่วคราว โดยไม่มีการบันทึก

▽ ***สามเหลี่ยม คือ สัญลักษณ์แทนที่เก็บพักถาวร*** สัญลักษณ์นี้บ่งบอกถึงที่เก็บพักที่ควบคุมได้ วัสดุจะถูกส่งเข้ามาเก็บไว้ หรือถูกจ่ายออกไป โดยมีการควบคุมอย่างเป็นทางการ

2.1.4 **รอบเวลา** (Cycle Time)

รอบเวลา เป็นจำนวนเวลา (นาทีหรือวินาที) ที่ระบุไว้เป็นมาตรฐานว่าทุกสายการผลิตจะต้องผลิตให้ได้สินค้าหนึ่งชิ้นภายในช่วงเวลานั้น เวลาของรอบเวลาสามารถคำนวณโดยใช้สูตรสองสูตร โดยในขั้นแรกจะต้องกำหนดผลผลิตที่จำเป็นต่อเดือนจากด้านความต้องการของสินค้าจากนั้นก็ใช้สูตร

$$\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน} = \frac{\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อเดือน}}{\text{จำนวนวันทำงานในหนึ่งเดือน}}$$

$$\text{รอบเวลา} = \frac{\text{จำนวนชั่วโมงทำงานในหนึ่งวัน}}{\text{ผลผลิตที่จำเป็นต่อวัน}}$$

โดยรอบเวลาจะถูกกำหนดด้วยสายการผลิตที่ใช้เวลามากที่สุด เมื่อได้ค่าของรอบเวลาแล้ว ต้องทำการวัดรอบเวลาของแต่ละกระบวนการ หรือแต่ละผู้ปฏิบัติงาน (ระยะเวลาตั้งเริ่มการทำงานของผู้ปฏิบัติงานจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทำงานในหนึ่งรอบ) และรอบเวลาในแต่ละงานย่อยของผู้ปฏิบัติงานเพื่อทำการปรับรอบเวลาแล้วหาจำนวนคนที่ต้องการ โดยใช้ คนน้อยที่สุด ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ โดยจะนำหลักการดังกล่าวไปวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต และปรับเปลี่ยนการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าจากการผลิตที่มากเกินไป

2.1.5 **การศึกษาการทำงานของคนกับเครื่องจักร**

การศึกษาการทำงานของคนกับเครื่องจักร จะมีบทบาทช่วยสร้างความกลมกลืนประสานกันของความสัมพันธ์เชิงเวลาระหว่างคนกับเครื่องจักร โดยใช้เทคนิคการเขียน "แผนภูมิคน-เครื่องจักร" ซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงเวลาระหว่างคนกับเครื่องจักร ในการทำงานที่ต้องใช้เครื่องจักร ทำให้เข้าใจสภาวะของ "การทำงาน" และ "การว่างงาน" ที่เกิดขึ้นกับคนหรือเครื่องจักร เพื่อทำการออกแบบ และแก้ไข หรือปรับปรุงระบบการทำงานดังกล่าว ซึ่งจะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์การทำงานระหว่างคนกับเครื่องจักร เพื่อลดความสูญเปล่าจากการรอคอยเครื่องจักรทำงาน

1. การทำงาน: คนหรือเครื่องจักรอยู่ในสภาวะที่กำลังทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง กิจกรรมของคน ได้แก่ สภาวะที่กำลัง "ปฏิบัติงาน" "ตรวจสอบ" หรือ "เคลื่อนที่" กิจกรรมของเครื่องจักร ได้แก่ สภาวะที่กำลังทำการเพิ่มมูลค่าให้แก่ชิ้นงานที่ใช้ในการผลิต
2. การว่างงาน: คนหรือเครื่องจักรอยู่ในสภาวะที่ไม่ได้ทำงานอะไรเลย กิจกรรมของคนได้แก่ สภาวะที่กำลังรอคอยการทำงานอยู่โดยไม่ได้ทำอะไร หรือมีการเคลื่อนไหวอย่างไร้ความ

หมาย กิจกรรมของเครื่องจักรได้แก่ สภาวะที่หยุดนิ่ง หรือเดินเครื่องเปล่า ๆ โดยไม่ได้ทำงานเพิ่มมูลค่า ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างการเตรียมงาน

2.1.6 การวิเคราะห์โดยเทคนิคหลักของ 3T

เวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (T1) เวลาที่เป็นเวลาส่วนเกิน (T2) เวลาไร้ประสิทธิภาพ (T3) เวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (T1) คือเวลาที่ต้องใช้จริง ๆ ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการผลิตโดยปราศจากความสูญเสียของเวลาทำงานไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใด ๆ เวลาที่เป็นเวลาส่วนเกิน (T2) คือ เวลาที่ใช้ไปในการทำงาน แต่ไม่เกิดผลงานอะไร เป็นส่วนที่เกิดขึ้นเพราะความบกพร่องของการทำงานหรือระบบงาน ส่วนของงานที่เป็นเวลาส่วนเกินนั้น ได้แก่ การออกแบบกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ วิธีการทำงาน เวลาไร้ประสิทธิภาพ (T3) คือ เวลาที่ไม่ได้ทำอะไรและไม่เกิดผลผลิตใด ๆ ในการดำเนินการผลิตโดยทั่วไปอีกเช่นกัน จะพบว่า มักจะมีรายงานการรบกวนขณะกำลังทำงานให้ต้องหยุดงาน เกิดเวลาประเภทที่เรียกว่า เวลาไร้ประสิทธิภาพขึ้น

เวลาส่วนเกินจากการออกแบบกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์

การออกแบบกระบวนการผลิตที่ไม่เหมาะสม จะส่งผลให้เกิดกระบวนการผลิตที่มีขั้นตอนซ้ำซ้อน เกิดของเสียจากการผลิต ทำให้งานเพิ่มขึ้นในการแก้ไขของเสียให้ดีขึ้น การใช้วิธีการทำงานที่ไม่ดี ผิดขั้นตอนและผิดหลักการทำงาน ก่อให้เกิดกระบวนการตรวจสอบ และขนย้ายมากเกินไป ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เราถือว่าเป็นเวลาไม่จำเป็น

เวลาส่วนเกินเกิดจากวิธีทำงานไม่ถูกต้อง

"วิธีการทำงานที่ถูกต้อง" คือ วิธีการทำงานที่ทำงานน้อยแต่ได้งานมาก วิธีการทำงานที่มีเวลาส่วนเกินอยู่ ทำให้ต้องทำงานมากได้งานเท่าเดิมหรือน้อยลง การทำงานโดยมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน การทำงานโดยมีขั้นตอนที่ไม่จำเป็น การทำงานโดยการใช้เครื่องมือหรือเครื่องจักรที่ไม่ถูกต้อง การทำงานโดยไม่เข้าใจในความสำคัญของงาน (ส่วนที่ต้องเน้นคุณภาพ) การทำงานโดยไม่รู้จักใช้เครื่องมือเข้ามาช่วยทั้งหมดล้วนเป็นการทำงานที่ไม่ถูกต้องทั้งสิ้น

เวลาไร้ประสิทธิภาพเกิดจากความบกพร่องของฝ่ายจัดการ

หลักการบริหารจัดการที่สำคัญคือ วางแผนงาน ประสานงาน และควบคุมงาน เวลาไร้ประสิทธิภาพส่วนใหญ่จึงเกิดจาก 3 กรณี ดังกล่าว การวางแผนที่บกพร่องทำให้เกิดการขาดแคลนแรงงาน วัสดุ และเครื่องมือเครื่องจักรตามต้องการ

2.2 การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)

การแข่งขันของธุรกิจในปัจจุบันทำให้ภาคอุตสาหกรรมการผลิตต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอด ระบบการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing system) เป็นระบบที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นระบบการผลิตที่สามารถลดต้นทุน ลดความสูญเปล่า และลดความสูญเสียโอกาสทางการผลิตได้ ทั้งยังเป็นระบบที่สร้างมาตรฐาน และแนวคิดสำคัญในการผลิตรวมถึงส่งเสริมการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาอีกด้วย

2.2.1 ประวัติการผลิตแบบลีน

แนวคิดของการผลิตที่เริ่มขึ้นทศวรรษที่ 1940s โดยบริษัทผลิตรถยนต์โตโยต้า ตามแนวความคิดในสายการผลิตของ Taichi Ono และ Shigeo Shingo วิศวกรของบริษัท ที่เรียกกันว่าระบบทันเวลาพอดี(Just-In-Time: JIT) หรือระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System: TPS) เป็นวิธีการของการผลิตมีเป้าหมายที่การใช้ทรัพยากรให้น้อยที่สุดโดยการผลิตผลิตภัณฑ์ชิ้นเดียวให้เสร็จตลอดสายการผลิต และสร้างกระบวนการผลิตโดยโฟกัสไปที่ระบบที่มีการจำแนกและกำจัดของเสียทั้งหมดตลอดกระบวนการผลิต โดยได้แนวความคิดการกำจัดของเสียที่ได้พัฒนาโดยบริษัท Ford ของ Henry Ford ในช่วงปี ค.ศ.1900 ต่อมา John Krafcik นักวิจัยชาวอเมริกันได้สนใจระบบการผลิตแบบโตโยต้าและพัฒนามาสู่ปรัชญาการผลิต ซึ่งเรียกว่า การผลิตแบบลีน หรือ Lean manufacturing ลงในวารสาร "Sloan Management Review" (Krafcik, John F) ปี ค.ศ. 1988 จนกระทั่งในปี ค.ศ.1990 Jim Womack สนใจในเรื่องการสั่งซื้ออย่างประหยัด พร้อมกับเห็นว่าญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในเรื่องการกำจัดความสูญเปล่า จึงได้ศึกษาอย่างละเอียดและทำอย่างเป็นระบบจนประสบความสำเร็จในเรื่องการกำจัดสิ่งสูญเปล่าจะช่วยสร้างคุณค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.2 หลักการทั่วไปของลีน

ในหนังสือ "Machine that Changed the World" ที่เขียนขึ้นโดย James Womack และคณะ ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางที่ดีขึ้นในการจัดการองค์กรที่มีการผลิตมากๆ และความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมทางธุรกิจ ซึ่งได้อธิบายหลักการของการผลิตแบบลีนไว้ 5 ประการคือ

1. การระบุเน้นที่คุณค่า (Value) โดยให้คำจำกัดความของคุณค่าจาก มุมมองของลูกค้า
2. การแสดงสายธารคุณค่า (Value stream) จำแนกแจกแจงให้เห็นถึงกิจกรรมใดที่สร้างคุณค่ากิจกรรมใดไม่ก่อให้เกิดคุณค่า เพื่อสามารถกำจัดกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าออกจากกระบวนการ

3. สร้างกระบวนการผลิตหรือให้บริการเป็นไปในลักษณะของการไหลอย่างต่อเนื่องของกระบวนการโดยการไหลอย่างต่อเนื่องจะป้องกันเวลาสูญเปล่าในการผลิต นอกจากนี้ยังทำให้ไม่เกิดการรอคอยวัสดุคงคลังสินค้าเป็นศูนย์ ช่วยลดความสูญเปล่าที่เกิดจากสินค้าคงคลัง

4. สนองความต้องการของลูกค้า โดยใช้ระบบดึง (Pull system) โดยการแจ้งความต้องการของลูกค้าย้อนกลับสู่แหล่งผลิต (Downstream) เพื่อผลิตตามความต้องการของลูกค้าจริงๆ และเพื่อลดความสูญเปล่าจากการผลิตที่เกินความต้องการ สร้างความสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับความต้องการให้สอดคล้องกัน

5. พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) เพื่อแสวงหาความสมบูรณ์แบบ ด้วยการวัดประสิทธิภาพของกระบวนการอย่างสม่ำเสมอตามระยะเวลา โดยเทียบกับผู้นำ (Benchmarking) หรือการวัดประสิทธิภาพของการผลิตแบบลีน ด้วยการใช้ Balance Score Card เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป

2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Tools)

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแบบลีน (Lean Tools) ซึ่ง Green (2000) ได้พัฒนา Toolkit ของการผลิตแบบลีน รวบรวมเครื่องมือไว้ทั้งหมด 27 ชนิด และจำแนกเครื่องมือออกเป็น 4 ประเภทตามผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือนั้นๆ คือ

1 เครื่องมือปรับปรุงอัตราการไหล (Flow) ได้แก่ Pull production scheduling หรือ Kanban, One piece flow, 5s, Standard work, Method sheet, Visual control, Total preventive maintenance, Reliability maintenance, Preventive maintenance, Predictive maintenance

2 เครื่องมือที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการ (Flexibility) ได้แก่ Set up reduction, Mixed model production, Smoothed production, Cross Trained workforce

3 เครื่องมือที่ลดเวลาในการทำงาน (Throughput rate) ได้แก่ Flow cell, Point of used storage, Automation, Mistake proofing, Self check inspection, Successive check inspection, Line stop

4 เครื่องมือที่ใช้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement) ได้แก่ Kaizen, Design of Experiment, Root cause analysis, Statistical process control, Team Based Problem Solving

2.2.4 **มุมมองของลีน** (Lean perspective)

หลักประการหนึ่งของการผลิตแบบลีน คือระบุเน้นไปที่คุณค่า และกำหนดสายธารคุณค่า มุมมองของการผลิตแบบลีน ก็คือการพิจารณากิจกรรมไปตลอดสายของกระบวนการผลิต โดยมีการจำแนกกิจกรรมออกเป็น 3 ลักษณะ

1. **กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า** (Value Added activity: VA) ในมุมมองของลูกค้าขั้นสุดท้ายคือกิจกรรมที่เพิ่มคุณค่า ให้แก่ผลิตภัณฑ์ หรือการบริการ กิจกรรมในการดำเนินงานที่เกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตตั้งแต่ชั้นวัตถุดิบหรือชิ้นส่วนใช้ในการผลิต ว่าจะใช้แรงงานหรือเครื่องจักรในการผลิต

2. **กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า** (Non Value Added activity: NVA) คือกิจกรรมที่ไม่ได้เพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ หรือบริการ กิจกรรมที่ไม่มีความจำเป็นต่อกระบวนการซึ่งควรกำจัดออกไป ตัวอย่างเช่น เวลารอคอย (Waiting time) การสุ่มผลิตภัณฑ์ระหว่างการผลิต (Work in process: WIP) โดยไม่เชื่อมต่อเพื่อเข้าสู่กระบวนการต่อไปในทันทีการทำงานหรือกิจกรรมเดียวกันซ้ำ ๆ (Double handing)

3. **กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า** (Necessary Non Value Added activity) คือกิจกรรมที่ไม่ได้เพิ่มคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์ หรือบริการ แต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยง ตัวอย่างเช่น การเดินในระยะไกลเพื่อหยิบชิ้นส่วนหรือวัตถุดิบ การเคลื่อนย้ายอุปกรณ์หรือเครื่องมือระหว่างการผลิต และเพื่อกำจัดการทำงานเช่นนี้จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงการทำงานครั้งใหญ่ เช่น การวางผังโรงงานในกระบวนการผลิตใหม่ ซึ่งไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในทันที

ในระบบการผลิตจะเห็นได้ว่าสิ่งที่ทำให้เกิดคุณค่าเพิ่ม และลดต้นทุน คือ การไหลและการดำเนินงานกิจกรรม (Activities) ดังแสดงในรูป การปรับปรุงกระบวนการแบบดั้งเดิม (Tradition process improvement) มิได้มีมุมมองไปที่คุณค่า การปรับปรุงก็คือการลดการปฏิบัติการ (Operation) ลงทั้งหมดเพื่อลดกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ กิจกรรมที่สร้างคุณค่าก็ลดลงไปด้วย แต่แนวคิดแบบลีนพยายามสร้างมุมมองที่ให้เห็นถึงกิจกรรมที่ทำทั้งหมดตลอดกระบวนการและจำแนกคุณค่าให้เห็นถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคุณค่าและกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่า แล้วกำจัดมันออกไปให้เหลือน้อยที่สุด แนวคิดแบบลีนได้จำแนกความสูญเปล่าหรือ Waste ซึ่งในภาษาญี่ปุ่นคือ Muda ออกเป็น 7 ประเภท คือ

1. **ความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป** (Over-production) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากแนวคิดที่พยายามใช้เครื่องจักรและพนักงานในการผลิตให้มากที่สุด โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงความสามารถในการรับงานต่อ หรือความต้องการงานของหน่วยงานถัดไป ซึ่งจะทำให้แต่ละหน่วยงานที่จำเป็นต้องทำงานเกี่ยวข้องต่อเนื่องกัน ทำงานไม่สอดคล้องสมดุลกัน ก็จะเกิดงานที่ต้องรอการผลิตที่เกิดขึ้นหรืองานระหว่างกระบวนการผลิต (Work in process: WIP)

ลักษณะความสูญเปล่าคือ

• เกิดความต้องการพื้นที่ในการจัดเก็บงานระหว่างกระบวนการผลิต (Work In Process) สินค้าคงคลัง

• เกิดการขนย้ายไปเก็บชั่วคราวเมื่อใช้ไม่หมด

• เมื่อเกิดของเสียจากกระบวนการก่อนหน้าจะไม่ได้รับการแก้ไขในทันที

• ใช้เวลาในการผลิตนาน

สาเหตุความสูญเปล่าคือ

• ความสามารถของแต่กระบวนการไม่เท่ากัน

• แนวคิดที่ผลิตให้จำนวนมากที่สุด เพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยลง

• มีการใช้ระบบการให้ค่าแรงจูงใจ

แนวทางการปรับปรุง

• ปรับสายการผลิตให้สมดุล (Line balancing) เพื่อกำจัดจุดที่เป็นคอขวด (Bottleneck) ของสายการผลิต

• ปรับระดับการผลิตให้เหมาะสมกับความต้องการทั้งปริมาณ และเวลาการส่งมอบ

• กำหนดการผลิตในแต่ละรอบการผลิตให้น้อยลง

• ลดเวลาการตั้งเครื่อง (Reduce setup time)

• ฝึกให้พนักงานมีทักษะในการทำงานหลายด้าน (Multi-skill)

2. **ความสูญเปล่าจากการรอคอย** (Waiting) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากปัจจัยสองอย่างของการผลิตไม่สัมพันธ์กัน ทำให้มีเวลาว่างงานในการผลิต ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการรอคอย

ลักษณะความสูญเปล่าคือ

• พนักงานรอเครื่องจักรทำงาน

• เครื่องจักร หรือวัตถุดิบรอคนมาทำงาน

• มีการรอชิ้นงานจากกระบวนการก่อนหน้า

• การรอการซ่อมเครื่องจักร

• การรอการตั้งเครื่อง

สาเหตุความสูญเปล่า

• วิธีการทำงานของแต่ละกระบวนการที่ไม่สอดคล้องกัน

• ใช้เวลาในการตั้งเครื่องจักรนาน

• ประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำ

แนวทางการปรับปรุง

• จัดวางแผนการผลิต แผนการเข้าของวัตถุดิบ และลำดับการผลิตให้สอดคล้องกัน

• จัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) เพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา

• จัดสรรปริมาณงาน แรงงาน และเครื่องจักรให้เกิดความสมดุลในสายการผลิต

• วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และเตรียมเครื่องมือ พนักงานให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง หรือจัดหาอุปกรณ์ช่วยในการปรับเปลี่ยน เพื่อลดเวลาการตั้งเครื่องจักร

• ฝึกให้พนักงานมีทักษะในการทำงานหลายด้าน

3. **ความสูญเปล่าจากการขนส่ง** (Transportation) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายชิ้นส่วน วัตถุดิบ หรือผลิตภัณฑ์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยไม่มีความจำเป็น หรือเป็นการนำไปเก็บไว้ชั่วคราว ซึ่งการขนส่งเหล่านี้เป็นความจำเป็น แต่ก็มิได้ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่ม และยังทำให้เกิดค่าใช้จ่ายอีกด้วย โดยระยะทางยิ่งไกลคุณภาพของชิ้นส่วนก็ยิ่งลดลง และเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงควรลดระยะทางการขนส่งหรือเคลื่อนย้ายให้เหลือน้อยลงที่สุด ระบบลีนมีความต้องการที่จะให้วัตถุดิบผ่านโดยตรงจากผู้จัดหาไปสู่สายการผลิตที่จะใช้โดยทันที

<u>ลักษณะความสูญเปล่า</u>

• ต้องมีการใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรในการขนย้ายจำนวนมาก

• การที่มีคลังพัสดุหลายแห่ง

• วัสดุเกิดการเสียหาย

<u>สาเหตุความสูญเปล่า</u>

• มีการผลิตครั้งละจำนวนมาก

• ละเลยการทำกิจกรรม 5 ส.

• ไม่ได้ให้ความสำคัญกับการวางผังโรงงาน

<u>แนวทางการปรับปรุง</u>

• วางผังเครื่องจักรให้ใกล้กัน เพื่อลดระยะทางการขนส่งให้น้อยลง

• ปรับปรุงการวางผังโรงงาน โดยยึดหลักความสัมพันธ์ระหว่างฝ่ายงานที่เกี่ยวข้องกัน ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น การจัดสายการประกอบขั้นสุดท้าย (Final assembly) ให้อยู่ใกล้กับคลังเก็บสินค้า เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง

• ปรับปรุงการขนถ่ายวัสดุ เพื่อลดปริมาณการขนถ่ายให้น้อย เช่นหาอุปกรณ์การขนถ่ายที่ หรือใช้บรรจุภัณฑ์ให้เหมาะสม

4. **ความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสม** (Inappropriate processing) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากขั้นตอนการดำเนินงานที่ไม่ได้เพิ่มคุณค่าให้กับสินค้า ขั้นตอนการผลิตที่

ขับข้อน เครื่องจักรที่ขับข้อน และอาจรวมถึงการจัดตั้งแผนกตรวจสอบคุณภาพขึ้นมา ซึ่งจะเป็นการเปลืองแรงงานถ้าสามารถทำงานได้คุณภาพในแต่ละกระบวนการ

ลักษณะความสูญเปล่า

- เกิดจุดที่เป็นคอขวด (Bottle neck) ของสายการผลิต
- ขาดความชัดเจนในข้อกำหนดของลูกค้า
- การมีสำเนามากเกินความจำเป็น
- การตรวจสอบมากเกินความจำเป็น
- งานที่ถูกนำกลับมาทำใหม่ (Reworking)
- ชิ้นประกอบที่ทำออกมาแล้วคู่ประกอบร่วมยังไม่ได้ผลิตออกมา (Debarring)

สาเหตุความสูญเปล่า

- การเปลี่ยนแปลงทางวิศวกรรมโดยไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิต
- นโยบาย และขั้นตอนการดำเนินงานขาดประสิทธิภาพ
- ขาดข้อมูลด้านความต้องการของลูกค้า

แนวทางการปรับปรุง

- วิเคราะห์กระบวนการ (Process analysis) เพื่อให้ทราบขั้นตอนทั้งหมดในการทำงาน และพิจารณาเลือกกิจกรรมที่ไม่เหมาะสมมาทำการปรับปรุง
- ใช้หลักการ 5W 1H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกิจกรรมของแต่ละกระบวนการ
- ใช้หลัก ECRS เพื่อปรับปรุงการทำงาน

5. **ความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น** (Excess inventory) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากการเก็บวัสดุชิ้นส่วน หรือสินค้าคงคลังไว้มากเกินความจำเป็น เพื่อจะประกันว่าจะมีวัสดุชิ้นส่วน หรือสินค้าคงคลังให้เพียงพออยู่ตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งพัสดุต่าง ๆ ค่าจัดเก็บที่สูง และยังเปลืองพื้นที่ อย่างไม่จำเป็น

ลักษณะความสูญเปล่า

- เกิดความต้องการใช้พื้นที่จำนวนมากในการเก็บรักษา
- เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บมาก และต้นทุนจม เช่น ดอกเบี้ย
- วัสดุเกิดการเสื่อมสภาพ ถ้าขาดการจัดเก็บแบบเข้าก่อนออกก่อน (FIFO)
- เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคำสั่งผลิต ทำให้เกิดวัสดุตกค้างเป็นจำนวนมาก

สาเหตุความสูญเปล่า

- ความสามารถของกระบวนการที่ต่ำ ทำให้ต้องผลิตสินค้าไว้จำนวนมากป้องกันการเสียโอกาสจากการไม่มีสินค้า
- วิธีการบริหารพัสดุคงคลังไม่เหมาะสม

• ระบบการพยากรณ์ผิดพลาด

<u>แนวทางการปรับปรุง</u>

• กำหนดจุดต่ำสุด และจุดสูงสุดในการจัดเก็บพัสดุแต่ละชนิด

• ใช้การควบคุมด้วยสายตา (Visual control) เพื่อให้เกิดความสะดวกในการจัดเก็บและการหยิบใช้ และทำให้ทราบถึงจำนวนคงเหลือ เพื่อลดความผิดพลาดในการสั่งซื้อ

• ควบคุมปริมาณการสั่งซื้อ จากอัตราการใช้ด้วยระบบที่ง่ายที่สุด

• ปรับปรุงระบบการจัดเก็บให้มีลักษณะเข้าก่อนออกก่อน (FIFO: First in first out) เพื่อไม่ให้พัสดุตกค้างอยู่ในคลังสินค้าเป็นระยะเวลานานจนเสื่อมสภาพ

6. **ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม** (Excess motion) คือความสูญเปล่าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของคน ที่การเคลื่อนไหวนั้นไม่ได้มีการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าหรือบริการ หรือการทำงานกับเครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีน้ำหนัก หรือสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมกับร่างกาย

<u>ลักษณะความสูญเปล่า</u>

• การมองหาเครื่องมือที่จะนำมาใช้

• การเอื้อม หรือการก้มตัวมากเกินความจำเป็น

• วัตถุดิบที่จะต้องใช้วางอยู่ไกล

<u>สาเหตุความสูญเปล่า</u>

• การจัดวางอุปกรณ์ และวางผังโรงงานไม่เหมาะสม

• ขาดการทำกิจกรรม 5 ส. และการควบคุมด้วยสายตา (Visual control)

• ขาดมาตรฐานการทำงาน

<u>แนวทางการปรับปรุง</u>

• ใช้หลักการเคลื่อนไหวอย่างประหยัด (Motion economy) พยายามกำจัดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นออกไป

• ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดตามหลักการยศาสตร์ (Ergonomic)

• จัดสภาพการทำงาน (Work condition) ให้เหมาะสม เช่น การจัดวางเครื่องมือไว้ใกล้จุดปฏิบัติงานเพื่อลดการเดิน

• ปรับปรุงเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

• จัดทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวก

7. **ความสูญเปล่าจากข้อบกพร่อง** (Defect) คือความสูญเปล่าที่เกิดของเสียจากการผลิต หรืองานที่ไม่ได้มาตรฐานที่ต้องทำการแก้ไขใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะความสูญเปล่า

- ใช้พื้นที่ เครื่องมือ และพนักงานในการแก้ปัญหาของเสียมาก
- เกิดความผิดพลาดในเวลาการจัดส่ง
- ทำให้ผลกำไรน้อยเนื่องจากมีเศษของเสีย
- ภาพลักษณ์ที่ไม่ดีต่อองค์กร

สาเหตุความสูญเปล่า

- วิธีการผลิตที่ไม่ถูกต้อง
- การออกแบบสำหรับการผลิตไม่เหมาะสม
- วัตถุดิบไม่ได้คุณภาพ
- ความเสียหายจากการขนย้าย
- ขาดการตรวจสอบ และติดตามป้องกันข้อบกพร่อง

แนวทางการปรับปรุง

- สร้างระบบการปรับปรุงคุณภาพโดยการป้องกัน (Quality Improvement by Prevention) ซึ่งมีวิธีการคือ 1) ค้นหาของเสียก่อนถึงลูกค้า 2) แจกแจงความถี่ลักษณะของเสีย 3) หาสาเหตุของเสียแต่ละลักษณะ และ 4) กำจัดสาเหตุ
- สร้างมาตรฐานของการทำงาน และมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง
- ดูแลพนักงานให้ปฏิบัติตามมาตรฐานตั้งแต่แรก
- อบรมพนักงานให้มีความรู้ ความเข้าใจ สามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามมาตรฐาน
- ปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันความผิดพลาดจากการทำงาน (Poka-Yoke)
- ตั้งเป้าหมายการผลิตของเสียให้เป็นศูนย์
- ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Quick response system)
- ปรับปรุงการออกแบบการผลิต
- บำรุงรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับเวลานำในการผลิต (Lead time)

ความคิดเกี่ยวกับเวลานำ (Lead time) ในการผลิตได้ถูกจำแนกออกเป็น 4 ส่วน คือ เวลาปฏิบัติการ (Processing time) เวลาเคลื่อนย้าย (Move time) เวลาคอย (Waiting time) และเวลาเตรียมก่อนการผลิต (Set up time) การปรับปรุงและลดเวลานำดังกล่าวเป็นไปตามหลักการ ECRS การจัดเส้นทางมาตรฐาน รวมถึงการลดเวลาคอยโดยวางแผนวัสดุ กำจัดกระบวนการเคลื่อนย้าย จัดสรรพนักงาน และเครื่องจักร กำหนดการผลิตอย่างเพียงพอ และลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต

2.3.1 แนวทางในการลดเวลานำในการผลิต

แนวคิดในการลดเวลานำโดยจำแนกเป็น 4 ส่วนคือ

1. ลดเวลาปฏิบัติการ (Processing time) โดยลดจำนวนชิ้นส่วน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต หรือความเร็วในการผลิต
2. ลดเวลาเคลื่อนย้าย (Move time) โดยจัดให้เครื่องจักรอยู่ใกล้กัน สร้างวิธีเคลื่อนย้ายให้ง่าย (Simplified) และสะดวกขึ้น การจัดเส้นทางมาตรฐาน (Standard routings) รวมถึงการจำจัดกระบวนการเคลื่อนย้าย
3. ลดเวลาคอย (Waiting time) โดยการวางแผนวัสดุ จัดสรรพนักงาน และเครื่องจักร กำหนดกำลังการผลิตอย่างเพียงพอ
4. ลดเวลาเตรียมก่อนการผลิต (Set up time) โดยการใช้เวลาให้น้อยที่สุดก่อนการผลิต

2.3.1.1 แนวทางในการลดเวลาปฏิบัติการ (Processing time)

ทำได้โดยการศึกษาการทำงาน (work study) เป็นเทคนิคเกี่ยวกับการลดเวลาการปฏิบัติการ และศึกษากระบวนการทำงานเพื่อนำไปปรับปรุงกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานการทำงาน

แนวทางที่นิยมใช้ในการปรับปรุงการทำงานเพื่อลดเวลาการปฏิบัติงานคือ หลักการ ECRS เพื่อการปรับปรุง ECRS คือตัวย่อมาจากภาษาอังกฤษ 4 ตัว ที่ใช้เป็นหลักการในการปรับปรุงงาน

- E-Eliminate (**การกำจัด**): ด้วยการไล่หาจุดประสงค์ อันทำให้สามารถกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกไปได้ รูปแบบนี้มีประสิทธิผลสูงสุดในการปรับปรุงงาน
- C-Combine (**การผสมผสาน**): ด้วยการผสมผสานองค์ประกอบของงานหลายประการเข้าด้วยกัน ช่วยลดขั้นตอนของงานบางส่วนลงได้ และมีอยู่บ่อยที่พบว่าวิธีการใหม่ที่พบจากการผสมผสานนี้ทำให้งานทั้งระบบง่ายขึ้น

• R-Rearrange (**การจัดลำดับใหม่**): การโยกย้ายสับเปลี่ยนลำดับขององค์ประกอบของงานอาจสร้างโอกาสกำจัดงานบางส่วน หรือโอกาสการผสมผสานใหม่

• S-Simplify (**ทำให้ง่าย**): เมื่อพิจารณาถึงการกำจัด การผสมผสาน และการจัดลำดับใหม่อย่างรอบครอบแล้ว ควรพยายามจัดการ องค์ประกอบของงานส่วนที่เหลืออยู่ให้เป็นงานที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้

นอกจากหลักการ ECRS แล้ว การใช้เครื่องมือต่างๆเข้ามาช่วย รวมถึงระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยจัดการ ก็สามารถช่วยลดเวลาในการผลิตได้

2.3.1.2 **แนวทางในการลดเวลาเคลื่อนย้าย** (Move time)

ปัญหาการเคลื่อนย้ายเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางผังโรงงานที่ไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การจัดส่วนงานที่มีความเกี่ยวข้องกันอยู่อยู่ห่างจากกัน ทำให้การปฏิบัติงานต่างๆเป็นไปได้ยาก หลักการสำคัญขั้นพื้นฐานสำหรับการวางผังโรงงานในอุตสาหกรรมการผลิตคือ

1. ความสัมพันธ์ (Relationship) โดยจัดหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆโดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์มากไปน้อย กิจกรรมใดที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันมากก็ให้อยู่ใกล้กัน
2. เนื้อที่ (Space) โดยพิจารณาเกี่ยวกับเนื้อที่ต่างๆทั้งจำนวนชนิด รูปร่าง หรือรูปทรงของกิจกรรมต่างๆ ที่ได้กำหนดในผังโรงงาน
3. การปรับตำแหน่งที่ตั้ง (Adjustment) เป็นการปรับตำแหน่งของกิจกรรมต่างๆให้เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

ในปัจจุบันมีแนวทางที่ทางอุตสาหกรรมนิยมใช้ คือการผลิตแบบเซลล์ (Cell manufacturing) คือ การจัดไหลของวัสดุและลำดับของการผลิตให้ สอดคล้องกับ Cycle time โดยจะมีคน เครื่องจักร และอุปกรณ์ เป็นกลุ่มของตัวเองเรียกเป็นหนึ่งเซลล์ (Cell) โดยในแต่ละเซลล์จะกำหนดลักษณะการทำงานให้สมดุล (Line balancing) กับ Cycle time ในกระบวนการให้บริการ ก็คือการสร้างเส้นทางการเดินของลูกค้าและลำดับการรับบริการให้สมดุลกับเจ้าหน้าที่ที่ให้บริการ และพอดีกับ Cycle time

2.3.1.3 **แนวทางในการลดเวลารอคอย** (Waiting Time)

ปัญหาหลักที่เกิดจากการคอยมาจากการขาดทรัพยากรต่าง ๆ ที่จำเป็นในการผลิตหรือการเพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์ ทำให้เกิดการสูญเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจำเป็นต้องการวางแผนวัสดุ จัดสรรพนักงานและเครื่องจักร และกำหนดกำลังการผลิตอย่างเพียงพอ

เทคนิคที่นำมาใช้จึงเกี่ยวข้องกับการจัดสรรทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วยการวางแผนทรัพยากร (Capacity planning) การจัดสมดุลสายงาน (Line balancing) เพื่อลด Cycle time ให้น้อยที่สุด การกระจายงานให้แต่ละหน่วยงานอย่างเหมาะสม และเทคนิคการจัดตารางงานและลำดับการทำงาน (Scheduling and sequencing)

2.3.1.4 **แนวทางในการลดเวลาเตรียมการก่อนผลิต** (Set up time)

เวลาเตรียมก่อนการผลิตเกิดเป็นอย่างมากกับอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้เครื่องจักรผลิตสินค้าหลายประเภท เนื่องจากจะต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ของเครื่องจักร หรือทำการตั้งค่าต่างๆเพื่อให้ตรงกับความต้องการ เทคนิค SMCD (Single Minute Exchange of Dies) ซึ่งคิดค้นโดย Shigeo Shingo ถูกนำมาใช้เพื่อลดเวลาขั้นตอนการเตรียมการก่อนการผลิต เทคนิค SMCD ประกอบด้วยหลัก 4 ประการ คือ

1. แยก Internal set up ซึ่งจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อหยุดเครื่องจักรแล้วเท่านั้น ออกจาก External set up ซึ่งสามารถทำได้แม้ในระหว่างที่เดินเครื่องจักรอยู่ ซึ่งจากการแยก set up ทั้งสองประเภทนี้ออกจากกันทำให้เราสามารถทำ External set up ได้ในระหว่างที่เครื่องจักรทำงานอยู่ ทำให้เหลือเพียง Internal set up เท่านั้น จากการปฏิบัติตามหลักการนี้ สามารถลดเวลาก่อนเตรียมการผลิตได้ 30 – 50%
2. แปลง Internal set up เป็น External set up เช่น การใช้อุปกรณ์เสริม หรือ วิธีการที่พัฒนาขึ้น เพื่อทำการ set up ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานต่อได้
3. ปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อการ set up ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถลดเวลาที่ต้องเสียไปกับ External set up โดยการจัดบริเวณทำงานให้เหมาะสมกับการจัดวางอุปกรณ์และดูแลรักษาสภาพของอุปกรณ์เครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีเสมอ สำหรับการลดเวลา Internal set up อาจทำให้การตั้งค่าต่างๆทำได้ง่ายหรือกำจัดการปรับแต่งหากเป็นไปได้
4. ทำการ Set up ด้วยความเร็วที่เพิ่มมากขึ้น โดยการเพิ่มคนในการ Set up หรือหลีกเลี่ยงการ set up โดยใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน

ประเด็นสำคัญที่เกี่ยวกับการนำเทคนิค SMED ไปใช้คือ SMED เป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อแก้ปัญหาคอขวด (Bottleneck) ซึ่งจะเกิดจากการที่กำลังการผลิตของเครื่องจักรหรือทรัพยากรที่ใช้ไม่เพียงพอ การนำ เทคนิค SMED ไปใช้ในกิจกรรมที่ไม่ใช่คอขวดซึ่งมีกำลังการผลิตเหลือเฟือ (Excess Capacity) จะไม่ช่วยให้การผลิตทั้งระบบเร็วขึ้นแต่อย่างใด

2.4 **เทคนิคการตั้งคำถาม 5W 1H**

การตรวจพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H เป็นตัวย่อที่ใช้ถามตนเอง เพื่อการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบครอบ ไม่ว่าปัญหานั้นเป็นของงานวิเคราะห์ทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบก็ตาม วิธีนี้จะช่วยสร้างโครงสร้างของแผนงานปรับปรุงในส่วนรายละเอียด เพื่อเสริมให้แผนงานสับเปลี่ยนของตารางขอบเขตของความเปลี่ยนแปลง เป็นประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ ซึ่งจะนำหลักการนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนของการผลิต เพื่อลดความสูญเปล่าจากกระบวนการที่ไม่เหมาะสม ลักษณะของคำถามเป็นดังนี้

• What: **ทำอะไรอยู่** เป็นการย้ำความคิดตนเองว่าวิธีการที่ทำอยู่คืออะไร

• Why: **ทำไมทำอยู่อย่างนั้น** เป็นการตรวจสอบหาวัตถุประสงค์ของงานนั้นจากคำถาม What และ Why ทำให้ผู้วิเคราะห์สามารถตรวจพิจารณาลูกโซ่ของวัตถุประสงค์ และวิธีการได้

• Where: **ทำที่ไหน** เป็นคำถามเพื่อพิจารณาสถานที่ทำงานว่ามีที่เหมาะสมกว่าหรือไม่

• When: **ทำเมื่อไร** เป็นการทบทวนจังหวะเวลา และลำดับการทำงานให้เหมาะสม

• Who: **ใคร (เครื่องไหน) ทำงานนี้อยู่** ควรมีการสับเปลี่ยนพนักงานหรือไม่ เช่น เปลี่ยนคนที่มีประสบการณ์สูงไปทำงานกับเครื่องจักรที่ซับซ้อน เป็นต้น ซึ่งจะเห็นว่าคำถามนี้ใช้หาความสัมพันธ์ของคนกับเครื่องจักร

• How: **ใช้วิธีอะไรทำงาน** เป็นคำถามเกี่ยวกับวิธีการทำงาน ช่วยให้มีความประหยัด และทำงานได้ง่ายขึ้นตามแสดงสาระสำคัญของการตรวจพิจารณาด้วยตนเองโดยการถามตอบด้วย 5W 1 H

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H

ประเภท	5W 1H	ความหมาย	แนวทางแก้ไข
1. เป้าหมาย	What ?	กำลังทำ "อะไร" อยู่	ขจัดส่วนที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานออกไปเสีย
		ไม่มีอย่างอื่นอีกหรือ	
		อย่างอื่นนั้นเป็นอย่างไร	
2. วัตถุประสงค์	Why ?	"ทำไม" งานนั้นจึงต้องทำ ควรต้องทำหรือ	
		ไม่มีเรื่องอื่นๆ ที่ควรทำ	
		หรือควรทำอะไรดีละ	
3. สถานที่	Where ?	ทำงานอยู่ "ที่ไหน" ทำไมทำที่นั่น	จัดเรียง และปรับปรุงหน่วยการปฏิบัติงาน และสถานที่ทำงานให้สมเหตุสมผล
		ทำที่อื่นไม่ได้หรือ	
		ควรทำที่ไหนดีละ	
4. ลำดับขั้น	When ?	ทำ "เมื่อไร" ทำไมต้องทำตอนนั้น	สับเปลี่ยนลำดับขั้นการทำงานเสียใหม่
		ทำตอนอื่นไม่ได้หรือ	
		ควรทำเมื่อไรดีละ	
5. คน	Who ?	"ใคร" เป็นผู้ทำ ทำไมต้องเป็นคนๆ นั้น	มอบหมายงานตามความสามารถ
		คนอื่นๆ ทำไม่ได้หรือ	
		ใครควรทำดีละ	
6. วิธีการ	How ?	ทำ "อย่างไร" ทำไมต้องทำเช่นนั้น	การวิจัยการทำงาน (แปรให้เป็นการปฏิบัติงานอย่างง่าย ละเว้นอากัปกิริยาที่ไม่จำเป็น สร้างมาตรฐานการปฏิบัติงาน เป็นต้น
		ไม่มีวิธีการอื่นอีกแล้วหรือ	
		ควรทำอย่างไรดีละ	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 การออกแบบการทดลอง(Design of experiment)

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การออกแบบทดลองเพื่อตรวจสอบว่าปัจจัยหรือตัวแปรใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

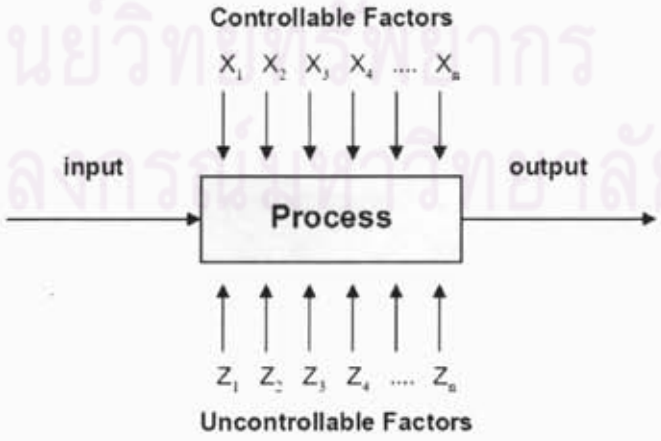
2. เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

2.5.1 ส่วนประกอบของการทดลอง

1. **ทรีทเมนต์** (Treatment) คือ สิ่งหรือวิธีที่ปฏิบัติต่อสิ่งทดลอง เพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2. **หน่วยทดลอง** (Experiment unit) เป็นมาตราหรือหน่วยใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งโดยคำจำกัดความ หมายถึง สิ่งหนึ่งหรือกลุ่มหนึ่งของการทดลอง ซึ่งได้รับจากทรีทเมนต์เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่ง หน่วยทดลองมีขนาดไม่จำกัด อาจผันแปรไปได้จากการทดลองหนึ่งไปสู่อีกการทดลองหนึ่ง แม้วาจะใช้สิ่งทดลองเหมือนกันก็ตาม ในการทำการทดลองแต่ละครั้งจึงต้องให้คำจำกัดความของหน่วยทดลองให้ชัดเจน

3. **ปัจจัย** (Factor) ได้แก่ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระก็ได้ ปัจจัยนั้นอาจเป็นได้ทั้งข้อมูลเชิงคุณภาพและปริมาณ



รูปที่ 2.1 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

ปัจจัยสามารถแบ่งออกเป็น

- ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการดำเนินการทดลอง
- ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยได้ เนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและต้นทุน

ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมแบ่งออกเป็น

- ตัวแปรรบกวน (Noise variable) หรือ Background variableหรือตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response variable) ในการทดลอง แต่ไม่ใช่ปัจจัยที่กำลังทำการศึกษา ส่วนใหญ่มักได้แก่ เวลา หรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น
- Nuisance variable คือ ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่ไม่ทราบมาก่อน สามารถกำจัดอิทธิพลของ Nuisance variable ได้โดยการสุ่ม

4. **ตัวแปรตอบสนอง** (Response variable) คือ ตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง เรียกอีกอย่างว่า ตัวแปร ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ในการทดลองหนึ่งๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงของตัวแปรและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาค่าสังเกตที่ได้รับจากทรีทเมนต์หนึ่งๆ ควรมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งสมมติฐานความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล(Transformation) ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเป็นแบบปกติ

2.5.2 วัตถุประสงค์ของการทดลองอาจเกี่ยวข้องกับประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. หาตัวแปรที่มีผลมากที่สุดต่อผลตอบ y (Response)
2. หาวิธีการตั้งค่าของ x (Input) ที่มีผลต่อค่าตอบ y เพื่อทำให้ y อยู่ที่ค่าที่ต้องการ
3. หาวิธีการตั้งค่าของ x (Input) ที่มีผลต่อค่าตอบ y เพื่อทำให้ y มีค่าน้อย
4. หาวิธีการตั้งค่าของ x (Input) ที่มีผลต่อค่าตอบ y เพื่อทำให้ผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ Z1, Z2,...,Zn มีค่าน้อยที่สุด

2.5.3 หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง

หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลองมีดังนี้

1. **เรพลิเคชัน** (Replication) หมายถึง การทำการทดลองซ้ำ เรพลิเคชันมีคุณสมบัติ 2 ประการคือ

- ประการแรก ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ ตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่าความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่
- ประการที่สอง คือถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลองดังนั้นเรพลิเคชัน ทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบ

2. **แรนดอมไมเซชัน** (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลหรือความผิดพลาดจะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้

3. **บล็อกกิง** (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุแนวทางในการออกแบบการทดลองการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่เกี่ยวข้องกับทุกคนในการทดลองจะต้องเข้าใจอย่างถ่องแท้ว่า กำลังศึกษาอะไร จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้อย่างไร

2.5.4 ขั้นตอนในการดำเนินการออกแบบการทดลอง

1. **การนิยมปัญหา** (Recognition of and statement of the problem) เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ผู้ทดลองต้องทำความเข้าใจต่อสภาพปัญหาที่จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความชัดเจนในการวางแผนและดำเนินการทดลองต่อไป

2. **การเลือกปัจจัย และระดับของปัจจัย** (Choice of factors and levels) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆ เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร สุดท้ายคือ ระบุว่าเป็นแบบกำหนดตายตัว (Fixed effect) แบบสุ่ม (Random effect) หรือแบบผสม (Mixed effect) ซึ่งสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังนี้

2.1 แบบกำหนดตายตัว (Fixed effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2.2 แบบสุ่ม (Random effect) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน

2.3 แบบผสม (Mixed effect) หมายถึง การผสมระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดตายตัวและแบบสุ่ม

3. **การเลือกตัวแปรตอบสนอง** (Choice of response variable)

การเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทดลองต้องแน่ใจว่าตัวแปรตอบสนองนี้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง ซึ่งมักจะเป็นค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ และเป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจมีตัวแปรตอบสนองหลายตัว จึงจำเป็นต้องกำหนดว่า อะไรบ้างคือตัวแปรตอบสนองและสามารถวัดค่าดังกล่าวได้อย่างไร ก่อนเริ่มดำเนินการทดลองควรมีการวิเคราะห์ระบบการวัดค่าตัวแปรตอบสนองนั้น เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบการวัดดังกล่าวสามารถใช้กับการทดลองได้

4. **การเลือกการออกแบบการทดลอง** (Choice of experiment design)

การเลือกการออกแบบเกี่ยวกับการทดลองขนาดของสิ่งตัวอย่าง (Replications) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล การเลือกใช้หลักการพื้นฐานใดบ้างในการออกแบบ ซึ่งในการเลือกการออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองตลอดเวลา

5. **การดำเนินการทดลอง** (Performing for experiment)

การดำเนินการทดลองเป็นการทำตามแผนการทดลองที่ออกแบบไว้ ซึ่งจำเป็นต้องติดตามกระบวนการดำเนินการอย่างระมัดระวัง เนื่องจากหากมีสิ่งผิดพลาดเกิดขึ้นจะทำให้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

6. **การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ** (Statistical analysis of data)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะนำวิธีการทางสถิติมาใช้ เพื่อพิจารณาว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลองหรือไม่ ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ควรใช้ความรู้ทางวิศวกรรมหรือความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีเหตุผลและมีความน่าเชื่อถือ

7. **การทดสอบเพื่อยืนยันผล** (Confirmation testing)

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว ผู้ทดลองต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติของกระบวนการที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนนี้ ควรนำเอาวิธีการทางกราฟเข้ามาช่วยในการนำเสนอข้อมูล นอกจากนี้ควรทำการทดลองเพื่อยืนยันและตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปอีกครั้ง

2.5.5 การเลือกรูปแบบการทดลอง

1. **การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์** (Completely Randomized Design: CRD)

เป็นแผนการทดลองแบบง่ายที่สุด เหมาะสมกับการทดลองที่ไม่สามารถแยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

สำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุของความผันแปรของข้อมูลทั้งหมดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่น จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (One-way classification) ตามแผนการทดลองแสดงว่า เมื่อหน่วยทดลองได้รับทรีทเมนต์ที่ต้องการทดสอบแล้ว ความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของทรีทเมนต์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้ ควรมีลักษณะสม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogenous) หรือมีความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองที่น้อยที่สุด หลักสำคัญของแผนการทดลองนี้คือ การจัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองหรือจัดหน่วยทดลองให้กับทรีทเมนต์จะต้องเป็นไปโดยสุ่ม ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม

โครงสร้างข้อมูล

สมมติให้การทดลองมี a ทรีทเมนต์ (หรือ a ระดับ)

n คือ จำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์

Yij คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

Treatment	1	2	...	I	...	a	
	Y11	Y21		Yi1		Ya1	
	Y12	Y22		Yi2		Ya2	
	Y13	Y23		Yi3		Ya3	
	.	.		.		.	
	.	.		.		.	
	Y1n	Y2n		Yin		Yan	
Totals	Y1	Y2		Yi		Ya	y..= Grand Total
Sample means	Y1	Y2		Yi		Ya	y..= Grand Mean

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad ; i = 1,2,...,a \quad j = 1,2,...,n \qquad (1)$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

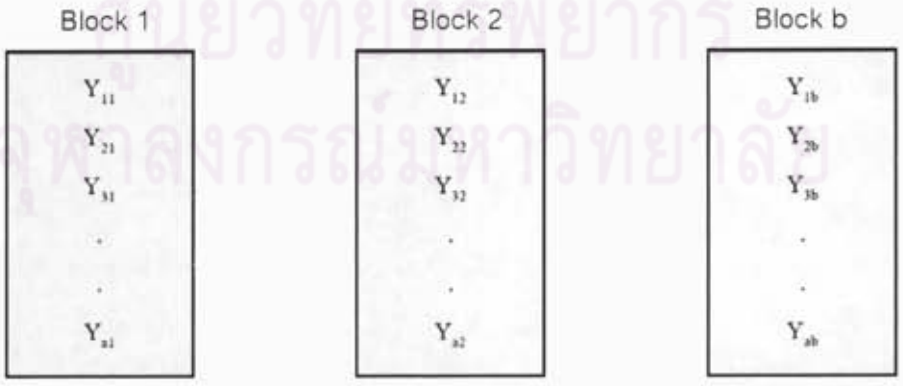
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **การออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์** (Randomized CompleteBlock Design: RCB)

ในบางการทดลองอาจประสบปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจำเป็น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียว แต่ยังมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วย ซึ่งความผันแปรส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ผลรวมของผลบวกของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่น ที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment effect) แต่เพียงอย่างเดียว แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม เป็นวิธีหนึ่งในหลาย ๆ วิธีของการจำแนกแบบสองทาง (Two-way classification) จะใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะคือ ทางแนวนอน (Row) และทางแนวตั้ง (Column) มีหลักการคือ พยายามจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะเรียกว่า บล็อก ดังนั้นความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันจึงมีค่าต่ำ และให้ความแตกต่างระหว่างบล็อกมีค่าสูง ในแต่ละบล็อกกระทำโดยสุ่ม กรณีนี้จะทำให้แยกความแตกต่างระหว่างบล็อกออกมาจากยอดรวมของผลบวกของกำลังสองได้

โครงสร้างข้อมูล

สมมติให้การทดลองมี a ทรีทเมนต์ และ b บล็อก ตามแผนภาพจะเห็นว่ามีค่าสังเกต 1 ค่าต่อ 1 ทรีทเมนต์ในแต่ละบล็อก



รูปที่ 2.2 การออกแบบบล็อกแบบสุ่มบริบูรณ์ (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \; ; i = 1,2,...,a \qquad (2)$$
$$j = 1,2,...,n$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

β_j คือ อิทธิพลการเกิดจากบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

3. การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial design)

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล เป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในกรณีที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป โดยทุกๆ Treatment combination ของปัจจัยทุกตัวที่ศึกษาจะถูกพิจารณาไปพร้อมๆ กัน

ผลที่เกิดขึ้นจากปัจจัยหนึ่ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนั้น ๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) ในการทดลองที่มีผลแตกต่างของผลตอบที่เกิดขึ้นบนระดับต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่งมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่น ๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น ซึ่งหมายถึง ผลตอบของปัจจัยหนึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปัจจัยอื่น ๆ นั่นเอง เรียกเหตุการณ์นี้ว่า การมี อันตรกิริยา (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง โดยค่าที่จุดต่าง ๆ คือตัวแปรตอบสนอง เมื่อมีปัจจัย 2 ตัวคือ A และ B โดยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับคือ – หรือ ต่ำ และ + หรือ สูง ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟคทอเรียล คือ มีจำนวนการทดลองน้อยกว่าการทดลองแบบอื่น และยังให้ผลที่เกี่ยวข้อง (Interaction effect) ซึ่งมีความสำคัญมาก และไม่สามารถหาค่าได้จากการทดลองแบบเปรียบเทียบอย่างง่ายและการทดลองทีละปัจจัย (One factor at a time)ทั้งนี้ถ้าหากมีการละเลยผลของ Interaction อาจทำให้ข้อสรุปผิดพลาด

4. การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k (2k factorial design)

การออกแบบแฟคทอเรียลที่มีความสำคัญที่สุดคือ กรณีที่มีปัจจัย K ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดันหรือเวลา เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพก็ได้ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และ 2 ระดับจะแทนด้วยระดับสูง หรือต่ำ ของปัจจัยหนึ่ง ๆ หรือการมี หรือไม่มี ของปัจจัยนั้น ๆ ก็ได้ใน 1 เรพลิเคตที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบ ประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น $2 \times 2 \times 2 \times ... \times 2 = 2k$ ข้อมูล เรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k โดยกำหนด

1. ปัจจัยทั้งหมดมีค่าตายตัว

2. การออกแบบเป็นแบบเชิงสุ่มบริบูรณ์ (Completely randomized)

3. สมมติฐานเกี่ยวกับความเป็นปกติเป็นที่ยอมรับได้

2.5.6 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. **การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ** (Model adequacy checking)

จากสมการ $Yij = \mu + \tau i + \varepsilon ij$; i = 1,2,...,a (3)

j = 1,2,...,n

โดยที่ Yij คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τi คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

εij คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่ มักตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ Y ตัวแปรมีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น y จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้ ε มีการกระจายแบบปกติด้วย และต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระ $\varepsilon ij \sim NID\ (0, \sigma^2)$

การตรวจสอบ εij มี 3 ขั้นตอน คือ

1.1 การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ โดยการใช้วิธีการดังนี้

- การทดสอบแบบไคร์สแควร์ ($x2$ – Goodness of fit test)
- การทดสอบแบบโคโกโมรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov-Smirnov Test)
- การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (Normality Probability Plot: NOPP)

1.2 การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

1.3 การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance stability)โดยใช้แผนภูมิการกระจาย ค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

2. **การทดสอบสมมติฐาน** (Hypothesis testing)

การทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติ เป็นถ้อยแถลงที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็นของตัวแปรแบบสุ่มที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ที่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งค่าพารามิเตอร์สมมติฐานแบ่งได้ 2 ชนิด คือ

- สมมติฐานที่กำหนด (Null hypothesis) เป็นข้อสงสัยหรือข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะต่างๆ ในประชากรที่ต้องการพิสูจน์ว่าจริงหรือไม่ โดยใช้สัญลักษณ์ H_0
- สมมติฐานแย้ง (Alternative hypothesis) เป็นข้อความหรือความคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่หวังว่าจะเป็น โดยจะต้องมีความหมายที่แย้งกับสมมติฐานที่กำหนด โดยใช้สัญลักษณ์ H_1

โดยโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะทำการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด(Reject H_0) จะถูกกำหนดโดยระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่น้อยมากที่ค่าพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานเป็นจริง โดยทั่วไปมักจะทำการเปลี่ยนช่วงของการปฏิเสธสมมติฐานหรือระดับความมีนัยสำคัญเป็นค่าวิกฤติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหรือตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนดการตัดสินใจที่ยอมรับหรือปฏิเสธ

สมมติฐานที่กำหนดอาจเกิดความผิดพลาดได้ 2 กรณี คือ

- กรณี 1 ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้องหรือมีความเป็นจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) ซึ่งความผิดพลาดนี้คือ ระดับความมีนัยสำคัญในการตรวจสอบสมมติฐาน
- กรณี 2 ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานที่กำหนด โดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความไม่ถูกต้องหรือไม่มีความจริง เรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2545)

สมมติฐานที่กำหนด	สมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้อง	สมมติฐานที่กำหนดไม่มีถูกต้อง
ยอมรับ	การตัดสินใจที่ถูกต้อง	ความผิดพลาดแบบที่ 2
ปฏิเสธ	ความผิดพลาดแบบที่ 1	การตัดสินใจที่ถูกต้อง

โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สามารถแสดงได้ดังนี้

α = P (ความผิดพลาดแบบที่ 1)

= P (การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

β = P (ความผิดพลาดแบบที่ 2)

= P (การยอมรับสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดไม่ถูกต้อง)

โดยที่ $1 - \beta$ = อำนาจของการทดสอบ

= P (การปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด: สมมติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA)

ภายหลังจากที่ได้ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองแล้ว ขั้นต่อไปก็คือ การนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ หรือหาแนวโน้มต่อไปโดยใช้หลักการของ ANOVA หรือ การถดถอย (Regression) การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการคำนวณแบบเลขคณิต โดยการแยกผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Total Sum of Square: SST) ออกเป็นส่วนต่างๆ ตามแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุ โดยจะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการทดลอง โดยพิจารณาความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวนแล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อย ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยเหล่านั้น หากความแตกต่างใดมีค่ามากกว่า แสดงว่าปัจจัยนั้นทำให้เกิดความแตกต่าง โดยมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square; M) ซึ่งเป็นตัวที่ประมาณค่าความแปรปรวนที่ดีที่สุด

$$MSS = ss/df \qquad (4)$$

เมื่อ *ss* คือ ผลรวมกำลังสอง (Sum of square)

df คือ องศาของความอิสระ (Degree of freedom)

สามารถอธิบายการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละแบบการทดสอบได้ดังนี้

3.1. การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD)

สามารถแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วน คือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกัน และความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลองการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model)

จากสมการ $Yij = \mu + \tau i + \varepsilon ij \quad ; i = 1,2,...,a \quad j = 1,2,...,n \qquad (5)$

โดยที่ Yij คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τi คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

εij คือ ความคลาดเคลื่อสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็นส่วนๆ โดยจะกำหนดความผันแปรให้ทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SS_T โดยที่

$$SS_T = [\sum_{i=1}^{a} \sum_{j=1}^{b} y_{ij}^2] - \left(\frac{y^2}{N}\right) \quad (6)$$

$$SS_{tr} = \frac{1}{n}[\sum_{i=1}^{a} y_i^2] - \left(\frac{y^2}{N}\right) \quad (7)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{tr} \quad (8)$$

เมื่อ SS_T = Total Sum of Squares

SS_{tr} = Sum of Square Treatment

SS_E = Sum of Square Error

ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 โดยที่ถ้าหากค่า $F_0 \leq F\ \alpha, \nu_1, \nu_2$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null hypothesis ได้

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ One-Way-ANOVA (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F_0
Treatment	SS_{Tr}	$a-1$	MS_{Tr}	MS_{Tr} / MS_E
Error	SS_E	$N-a$	MS_E	
Total	SS_T	$N-1$		

3.2. **การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์** (Randomized Complete Block Design: RCB, RCBD)

แยกความแปรปรวนออกเป็น 3 ส่วน คือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกัน ความแปรปรวนเนื่องจากการบล็อก และความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed effect model)

จากสมการ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$; i = 1,2,...,a (9)

j = 1,2,...,n

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ i

β_j คือ อิทธิพลการเกิดจากบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็นส่วนๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังทั้งหมด (Total Sum of Squares) โดยที่

$$SS_T = [\Sigma_{i=1}^{a} \Sigma_{j=1}^{b} y_{ij}^2] - \left(\frac{Y^2}{N}\right) \quad (10)$$

$$SS_{tr} = \frac{1}{n}[\Sigma_{i=1}^{a} y_i^2] - \left(\frac{Y^2}{N}\right) \quad (11)$$

$$SS_B = \frac{1}{n}[\Sigma_{j=1}^{b} y_j^2] - \left(\frac{Y^2}{N}\right) \quad (12)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{tr} - SS_B \quad (13)$$

เมื่อ SS_T = Total sum of squares

SS_{tr} = Sum of square treatment

SS_B = Sum of square block

SS_E = Sum of square error

ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของผลรวมกำลังของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 โดยที่ถ้าหากค่า $F_0 \leq F_{\alpha, \nu_1, \nu_2}$ แล้ว ถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null hypothesis ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F_0
Treatment	SS_{Tr}	$a-1$	MS_{Tr}	MS_{Tr} / MS_E
Block	SS_B	$b-1$	MS_B	MS_B / MS_E
Error	SS_E	$(a-1)(b-1)$	MS_E	
Total	SS_T	$N-1$		

3.3. การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial experiment)

สามารถแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็นความแปรปรวนเนื่องจากปัจจัยความคลาดเคลื่อนของการทดลองการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีที่มีตัวแปร 2 ตัว ของตัวแปรแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Mode)

จากสมการ $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$; i = 1,2,...,a (14)

j = 1,2,...,b

k = 1,2,...,n

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ i

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ j

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ i และปัจจัยB ที่เกิดจาก ทรีทเมนต์ที่ j

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$SS_T = [\Sigma_{i=1}^{a} \Sigma_{j=1}^{b} \Sigma_{k=1}^{n} y_{ijk}^2] - \left(\frac{y^2}{abn}\right) \quad (15)$$

$$SS_A = \frac{1}{bn}[\Sigma_{i=1}^{a} y_i^2] - \left(\frac{y^2}{abn}\right) \quad (16)$$

$$SS_B = \frac{1}{an}[\Sigma_{j=1}^{b} y_j^2] - \left(\frac{y^2}{abn}\right) \quad (17)$$

$$SS_{subtotal} = \frac{1}{n}[\Sigma_{i=1}^{a} \Sigma_{j=1}^{b} y_{ij}^2] - \left(\frac{y^2}{abn}\right) \quad (18)$$

$$SS_{AB} = SS_{subtotal} - SS_A - SS_B \quad (19)$$

$$SS_E = SS_T - SS_{AB} - SS_A - SS_B \quad (20)$$

ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 โดยที่ถ้าหาก $F_0 \leq F\ \alpha, \nu_1, \nu_2$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล สามารถยอมรับ Null hypothesisได้

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ Two-fixed effect model (ปารเมศ ชุติมา, 2545)

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F_0
A	SS_A	$a-1$	MS_A	MS_A / MS_E
B	SS_B	$b-1$	MS_B	MS_B / MS_E
AB	SS_{AB}	$(a-1)(b-1)$	MS_{AB}	MS_{AB} / MS_E
Error	SS_E	$ab(n-1)$	MS_E	
Total	SS_T	$abn-1$		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 การทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัส

การทดสอบความแตกต่างทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (ปราณี อ่านเปรื่อง, 2547) จัดเป็นการทดสอบที่อาศัยความรู้สึกเบื้องต้น (Primary sensation) ของมนุษย์ โดยไม่ต้องอาศัยข้อมูลอ้างอิง แต่เนื่องจากมนุษย์สะสมประสบการณ์ ความจำ ความคุ้นเคย ที่ไปทำให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการตอบสนองได้ละเอียดมากขึ้น ทำให้การรับรู้พัฒนาไปเป็นการจำแนก (Discrimination) ซึ่งสามารถจำแนกความแตกต่างของตัวผู้ทดสอบเอง จนเกิดเป็นความชำนาญ ความไว ความอ่อนไหว (Sensitivity response) ที่สามารถใช้ในการจำแนกผลิตภัณฑ์ได้ ได้จำแนกวิธีการทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. **วิธีการทดสอบความแตกต่างโดยรวม** (Overall difference test)

หมายถึง การทดสอบความแตกต่างโดยรวมของผลิตภัณฑ์ว่ามี หรือไม่ อาทิเช่น

มะนาวผลนี้แตกต่างไปจากมะนาวสดหรือไม่ (แตกต่าง / ไม่แตกต่าง)

น้ำมะนาวสูตร A แตกต่างไปจากน้ำมะนาวสูตร B หรือไม่ (มี /ไม่มี)

การตอบสนองต่อความรู้สึกดังกล่าวเป็นกาตอบสนองกว้าง ๆ โดยไม่เจาะจงลักษณะที่ทำให้เห็น หรือเกิดความรู้สึกว่าแตกต่าง และประสาทสัมผัสของคนทั่วไปซึ่งแต่ละคนจะมีความรู้สึกไวไม่เหมือนกัน แต่สำหรับผู้ทดสอบกลุ่มเดียวกัน ผู้ทดสอบผ่านการฝึกหัดมาเท่ากัน ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมาย และผู้บริโภคเฉพาะอาจจะตอบสนองในทิศทางเดียวกันได้

2. **วิธีการทดสอบความแตกต่างโดยจำเพาะลักษณะเฉพาะด้าน** (Attribute difference test)

หมายถึง การทดสอบความแตกต่างโดยเจาะจงลักษณะของผลิตภัณฑ์ว่า ถ้าพิจารณาภายใต้ลักษณะนั้น ๆ ผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างกันหรือไม่ อาทิเช่น

น้ำมะนาวสูตร A และน้ำมะนาวสูตร B สูตรใดเปรี้ยวกว่า (A / B)

อย่างไรก็ตามประโยชน์ที่ได้จากวิธีการทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 วิธีอยู่ที่ประเด็น ดังนี้

1. วัดความไวของผู้ทดสอบ (Sensitivity of panelist)
2. วัดความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่มีความแตกต่างน้อย ๆ
3. วัดความเหมือนกันของผลิตภัณฑ์ ที่มีความแตกต่างน้อยจนสังเกตไม่พบ
4. วัดลักษณะความแตกต่างระหว่างผลิตภัณฑ์ ถ้าสามารถรับรู้ได้

การวัดทั้ง 4 ข้อจะนำไปสู่ระบบการจำแนก (Discrimination system) ของทั้งผู้ทดสอบและการจำแนกผลิตภัณฑ์ ถ้าในกรณีการจำแนกผู้ทดสอบก็จะพัฒนาไปสู่การคัดเลือกผู้ทดสอบ ส่วนในกรณีการจำแนกผลิตภัณฑ์ก็จะนำไปสู่การสร้างความชำนาญให้กับผู้ทดสอบในการเฟ้นหา

ลักษณะความแตกต่างของผลิตภัณฑ์จนเกิดเป็นผู้ชำนาญการ (Expert / trained assessor) ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไป

2.6.1 การทดสอบความแตกต่างโดยรวม (Overall difference test)

การทดสอบความแตกต่างโดยรวม หรือการทดสอบความแตกต่างจริง (True difference test) หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยไม่เจาะจงลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ วิธีนี้มีข้อดีกับกรณีต่อไปนี้

1. วัดความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ ที่มีความแตกต่างน้อย ๆ ไม่สามารถระบุลักษณะที่แตกต่างเฉพาะได้
2. วัดความเหมือนของผลิตภัณฑ์ที่สังเกตความแตกต่างไม่พบ
3. วัดความไวของผู้ทดสอบเพื่อคัดเลือกกลุ่มผู้ทดสอบ

วิธีทดสอบในกลุ่มนี้ และหลักสถิติที่ใช้ดังรวบรวมในตารางที่ 2.6 ส่วนรายละเอียดจะได้กล่าวถึงพร้อมตัวอย่างเป็นลำดับต่อไป

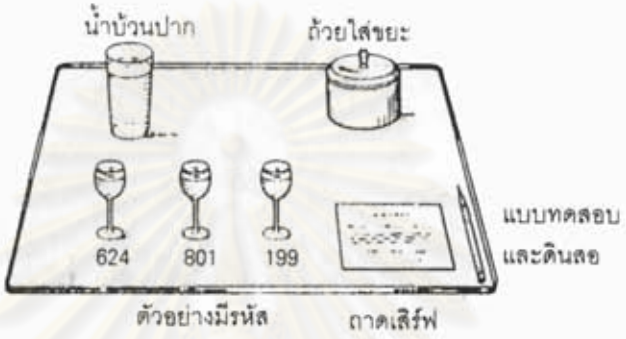
ตารางที่ 2.6 วิธีทดสอบความแตกต่างโดยรวม (Overall difference Test)

วิธีการทดสอบ	ชนิดตัวอย่าง (จำนวนรูปแบบ)/ ลักษณะตัวอย่าง	วิธีการแปรผลทางสถิติ		
		One-tailed	Two-tailed	Chi-square
1. Same – Diffence test (Pair comparison)	2 (2 รูปแบบ) AA, BB/ AB, BA		✓	✓
2. "A"- "Not A" test	2 (2 รูปแบบ) "A", "Not A"		✓	✓
3. Duo-trio Test	2 (2 รูปแบบ) RAB, RBA (Constant R)	✓		✓
4. Triangle test	2 (3 รูปแบบ) AAB, ABA, BAA (B= Odd sample) BBA, BAB, ABB (A= Odd sample)	✓		✓
5. Two out of five test	2 (10 รูปแบบ) AAABB ABABA / BBBAA BABAB; AABAB BAABA / BBABA ABBAB; ABAAB ABBAA / BABBA BAABB; BAAAB BABAA / ABBBA ABABB; AABBA BBAAA / BBAAB AABBB (3A, 2B) / (3B, 2A)		✓	✓

2.6.1.1 **การทดสอบแบบสามเหลี่ยม** (Triangle test)

การทดสอบแบบสามเหลี่ยม หมายถึง การทดสอบความแตกต่างของตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง คือ ตัวอย่าง A และ B แต่จัดเสนอตัวอย่างในลักษณะ 3 ชิ้น คือ มีตัวอย่างเหมือนกัน 2 ตัวอย่าง (AA, BB) และอีกตัวอย่างเดี่ยว (odd sample)

ลักษณะการจัดเสนอตัวอย่างจัดเรียงตามรูปที่ 2.3 ซึ่งแต่ละตัวอย่างจะถูกระบุด้วยเลขสุ่ม 3 หลัก จัดเสนอพร้อมน้ำบ้วนปากและถ้วยใส่ขยะ



รูปที่ 2.3 ลักษณะการจัดเรียงตัวอย่างวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม

ลักษณะการทดสอบ

1. จัดตัวอย่างเสนอผู้ทดสอบตามรูปแบบในตารางที่ 2.6 โดยจัดให้มีตัวเหมือน 2 ตัวอย่าง และตัวเดี่ยวหรือตัวคี่ 1 ตัวอย่าง ให้ผู้ทดสอบหาตัวอย่างคี่ (Odd sample) แล้วนับจำนวนผู้ทดสอบที่ตอบถูกหรือเลือกตัวอย่างคี่ได้ถูกต้อง

2. จำนวนผู้ทดสอบ 20-40 คน สำหรับในงานทดสอบตัวอย่างปกติ แต่ถ้าตัวอย่างมีความแตกต่างเล็กน้อย ให้ใช้ผู้ทดสอบจำนวนมากขึ้น 50-100 คน เพื่อหลีกเลี่ยงการคาดเดา และกลุ่มผู้ทดสอบควรเป็นผู้ทดสอบที่ผ่านการอบรมให้เข้าใจวิธีทดสอบ

3. กรณีตัวอย่างที่มีความรู้สึกหลังทดสอบมาก (strong affertaste) ควรเสิร์ฟทีละตัวอย่าง เพื่อเว้นระยะพัก

4. รูปแบบของแบบทดสอบตามรูปที่ 2.4

Triangle Test

รหัสแบบทดสอบ..... วันที่.....

ชนิดตัวอย่าง..... รหัส / ชื่อผู้ทดสอบ.....

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ที่ตัวอย่างคี่ (odd sample)

☐ ☐ ☐

____ ____ ____

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ Triangle test

5. การวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

ใช้ตาราง Triangle test หรือ One-tailed binomial test (ตารางสถิติที่ 1 ภาคผนวก)

โดยนับจำนวนผู้ทดสอบที่ตอบถูก คือ เลือก Odd sample ได้ถูกต้อง แล้วนำตัวเลขไปเปรียบเทียบกับค่าในตาราง โดยพิจารณาดังนี้

โอกาสที่ตอบถูกต้อง = 1/3 (Probability of guessing = 1/3)

Ho (null hypothesis) = $p = 1/3$, $q = 2/3$, ตัวอย่างไม่แตกต่างกัน

และ Ha (alternative hypothesis) = $p > 1/3$, ตัวอย่างมีความแตกต่างกัน

ดังนั้น ถ้าจำนวนผู้เลือก Odd ได้ถูกต้องมีมากกว่าค่าในตาราง ก็จะปฏิเสธ Ho (ตัวอย่างไม่แตกต่างกัน) และยอมรับ Ha (ตัวอย่างมีความแตกต่างกัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.จุฑาทิพย์ ทะประสพ (2551)

ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นจากการพิมพ์บิดเบี้ยวลงบนถุงบรรจุภัณฑ์ โดยใช้เครื่องมือด้านการควบคุมคุณภาพ และการออกแบบการทดลอง (Design of experiment) เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดผลาด และประมวลผลด้วย โปรแกรม Minitab จากการศึกษาทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดจำนวนข้อบกพร่อง คืออุณหภูมิการพิมพ์ และแรงตึงของฟิลม์ ผลจากการศึกษาได้ทำไปสร้างมาตรฐานในการปฏิบัติการเพื่อควบคุมกระบวนการ

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือมีการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของวิธีการทำงานแบบใหม่ที่ไม่ส่งผลให้ตัวแปรตอบสนองนั้นมีค่าแตกต่างจากวิธีการทำงานแบบเดิม และประเมินผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) เช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษานำไปสู่การสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานใหม่

2. ชญานี หวั่งประดิษฐ์ (2551)

ทำการศึกษาเรื่องการลดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการตัดแต่งเลนส์แว่นตาโดยหลักการการออกแบบการทดลองเพื่อค้นหาสาเหตุและลดความคลาดเคลื่อนจากการเบี่ยงเบนจากแนวแกนของเลนส์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดแต่งเลนส์แว่นตาโดยเลือกการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2k (2k Fraction Factorial Design) ศึกษาในกระบวนการบล็อกเลนส์ และการตัดเลนส์ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการบล็อกเลนส์คือ ชนิดของเครื่องจักร และ Function – ของเครื่องจักร และปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการตัดเลนส์คือชนิดของเครื่องจักร และขนาดของ Clamp หลังจากปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อการคลาดเคลื่อน ทำให้สามารถลดค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของค่า Axis ลดลง 18.66%ในกระบวนการบล็อกเลนส์ และ ลดค่าเบี่ยงเบนโดยเฉลี่ยของค่า Axis ของเลนส์ลดลง 13.42% ในกระบวนการตัดเลนส์

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือ การคัดเลือกหาสาเหตุของปัญหาที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนโดยการใช้แผนผังก้างปลา และมีการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของวิธีการทำงาน และประเมินผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ถึง Process capability เพื่อยืนยันค่าวิเคราะห์ทางคุณภาพที่ได้เทียบกับข้อกำหนดทางคุณภาพเดิม

3.ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ (2543)

ทำงานวิจัยเพื่อศึกษาพัฒนาต้นแบบการลดความสูญเปล่า และสร้างมาตรฐานควบคุมความสูญเปล่าทั้งเจ็ดประการ อันได้แก่ การผลิตที่มากเกินไป การรอคอย การขนส่ง กระบวนการที่ไม่เหมาะสม สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม และข้อบกพร่องของสินค้า ให้สามารถนำไปใช้กับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมได้ โดยใช้กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องลำอางกรณีศึกษาโดยใช้แนวทางของ Process activity mapping วิเคราะห์เปรียบเทียบกับทฤษฎีความสูญเปล่าทั้งเจ็ดประการ พร้อมหาขั้นตอน และใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ การบริหารพัสดุคงคลัง และเครื่องมือคุณภาพ เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการเพื่อลดความสูญเปล่า นำไปทดสอบและปรับปรุงขั้นตอน และระบบเอกสารที่นำมาช่วยลดความสูญเปล่า เพื่อพัฒนา และออกแบบระบบเอกสารให้สามารถนำไปใช้ได้กับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือ เป็นตัวอย่างแนวคิดของการประยุกต์ใช้แนวคิดการลดความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงการทำงานได้โดยเฉพาะด้านความสูญเปล่าในกระบวนการจากการออกแบบกระบวนการที่ไม่เหมาะสม การคอย และการขนส่ง เป็นต้น

6.วิรุทธ์ สิมเสมอ (2549)

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงกำลังการผลิตของเครื่องรีโฟล์ว ซึ่งใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial design) โดยมีตัวแปรตอบสนองที่สนใจ 2 ตัวคือ เวลาที่คงอยู่ และอุณหภูมิสูงสุด เนื่องจากอุณหภูมิของการทำรีโฟล์วในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์สูงขึ้น ส่งผลให้เวลาที่คงอยู่และอุณหภูมิสูงสุดของการรีโฟล์วในการผลิตตัวเก็บประจุสูงขึ้นตามไปด้วย โดยการลดความเร็วของสายพานของเครื่องโฟล์วช้าลงจาก 1.0 เมตรต่อวินาทีเป็น 0.6 เมตรต่อนาที เพื่อเพิ่มเวลาที่คงอยู่จาก 10 วินาทีเป็น 30 วินาที และอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 70 องศาเซลเซียส ก็จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตของเครื่องรีโฟล์ว จากการทดลองข้างต้นพบว่า ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองโดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 23 มี 3 ปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิของฮีตเตอร์ตัวที่ 3 อุณหภูมิของฮีตเตอร์ตัวที่ 4 และความเร็วของสายพาน ผลจากการทดลองสามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อเวลาที่คงอยู่และอุณหภูมิสูงสุดได้คือ 1.0 เมตรต่อนาที อุณหภูมิของฮีตเตอร์ตัวที่ 3 เปลี่ยนจาก 260 องศาเซลเซียสเป็น 255 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิของฮีตเตอร์ตัวที่ 4 เปลี่ยนจาก 260 องศาเซลเซียสเป็น 265 องศาเซลเซียส เมื่อได้ประยุกต์ใช้การตั้งค่าของเครื่องรีโฟล์วนี้ สามารถลดเวลานำในการผลิตตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัมแบบ Green series โดยรวมได้ 11.6% และความสามารถเพิ่มกำลังการผลิตรวมได้ 32 ล้านชิ้นต่อเดือน

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือเป็นตัวอย่างของการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองและทำให้เกิดแนวคิดการเพิ่มอุณหภูมิเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยตอบสนองต่อเวลา ส่งผลให้เกิดการลดเวลานำในการผลิตได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เกิดแนวคิดในเรื่องการใช้อุณหภูมิการผลิตที่สูงมาลดระยะเวลามาตรฐานในกระบวนการผลิต

7.สุชาติ แซ่แต้, (2548)

ทำการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตของกล่องกระดาษลูกฟูก เพื่อปรับปรุงแรงเสียดทานของกล่องกระดาษลูกฟูกให้ดีขึ้น และลดการสูญเสียแรงเสียดทานให้น้อยที่สุด อันเนื่องมาจากมีปัจจัยที่มีผลกระทบต่อแรงเสียดทานหลายปัจจัย ดังนั้นจึงได้มีการนำหลักการทางสถิติและแนวทางของการออกแบบการทดลองมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการ หลังจากทำการค้นหาปัจจัย และกำหนดค่าระดับของแต่ละปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงเสียดทาน (Friction) ของกล่องกระดาษลูกฟูก โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2k-D Fraction Factorial Design Resolution และนำไปวิเคราะห์หาระดับที่เหมาะสมของการปรับค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อทำให้ได้ค่าแรงเสียดทานไม่ต่ำกว่าข้อกำหนดของลูกค้าคือ 26 องศา โดยการกำหนดระยะกดของ Print Roll Gap เท่ากับ 7 มิลลิเมตร ค่าน้ำยาวานิช (Anti Slip) ประเภท B ความหนืดของหมึกพิมพ์ (InkViscosity) เท่ากับ 12.5 วินาที และระยะกดของ Feed Belt Gapเท่ากับ 8.5 มิลลิเมตร แล้วทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลก่อนนำไปใช้ในการผลิตจริง จากนั้นทำการควบคุมปัจจัยที่สำคัญทั้งสี่ด้วยกระบวนการเชิงสถิติ ผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่า มีปริมาณของเสียลดลงจาก 889 x 103 DPPM เหลือเพียง 11.20 DPPM และความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก (-0.51) เป็น 1.34

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือมีการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของวิธีการทำงาน และประเมินผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์ถึง Process capability เพื่อยืนยันค่าที่ได้จากการวิเคราะห์เทียบกับข้อกำหนดทางคุณภาพ

9. สุรพล สุรบรรเจิดพร (2542)

ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมตีบุก-ตะกั่วบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง เพื่อลดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม พร้อมพัฒนากระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาถึงปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยคือความเร็วของสายพาน อุณหภูมิในส่วนการอบความร้อน ค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักซ์ และลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์

โดยมุ่งเน้นผลทางด้านคุณภาพที่สอดคล้องในเรื่องจำนวนการเกิดจุดบกพร่องของรอยเชื่อม ตรวจสอบลักษณะจุดบกพร่องของรอยเชื่อมประเภท Ezcessive solder, Insufficient solder และ Bridging (or Shorting) เท่านั้น ผลการวิจัยพบว่า ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนจุดบกพร่องคือ ลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์และความเร็วของสายพาน ส่วนปัจจัยทางด้านอุณหภูมิในส่วนการอบความร้อน และค่าความถ่วงจำเพาะของฟลักซ์ที่มีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อการเกิดจุดบกพร่องของรอยเชื่อมเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นๆ ในการทดลองค่าของตัวแปรที่ทำให้เกิดผลทางคุณภาพที่ดีคือ การปรับลักษณะการไหลของโลหะผสมโซลเดอร์ให้มีการเคลื่อนที่ทั้งสองด้าน และความเร็วของสายพานเท่ากับ 108เซนติเมตรต่อนาที ซึ่งจะสามารถลดจำนวนจุดบกพร่องลงได้

ความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือมีการใช้วิธีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของวิธีการทำงานที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และประเมินผลด้วยโปรแกรมมินิแทป (Minitab) เช่นเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การศึกษาปัญหาของโรงงานตัวอย่าง

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานที่ทำการศึกษา มีลักษณะเป็นโรงงานผลิตอาหารประเภทซอสถั่วเหลือง และ ซอสปรุงรสต่างๆ ที่มีส่วนผสมหลักจากซอสถั่วเหลือง ซึ่งทางโรงงานผลิตภายใต้ยี่ห้อของบริษัทเอง และรับจ้างผลิต (OEM) โดยในโรงงานแบ่งอาคารการผลิตเป็น 2 ตึกหลัก คือ

อาคาร A ผลิตซอสถั่วเหลือง (Soy Sauce) ที่ผ่านการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ ผ่านการฆ่าเชื้อและกรองจนกระทั่งกลายมาเป็นซอสถั่วเหลือง

รูปที่ 3.1 ถังหมักซอส

รูปที่ 3.2 เครื่องกรองซอส

รูปที่ 3.3 ซอสถั่วเหลือง

อาคาร B ผลิตซอสปรุงรส (Seasoning sauce) ที่มีส่วนผสมหลักจากซอสถั่วเหลืองที่ได้จากอาคาร A นำมาผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ เช่น เกลือ น้ำตาล แป้ง ฯลฯ เพื่อให้ได้เป็นซอสต่างๆตามที่ลูกค้าต้องการ เช่นซอสโชยุ ซอสเทอริยากิ ซอสผัด ฯลฯ รวมไปถึงขั้นตอนการบรรจุซอสลงขวดและบรรจุลงหีบห่อ

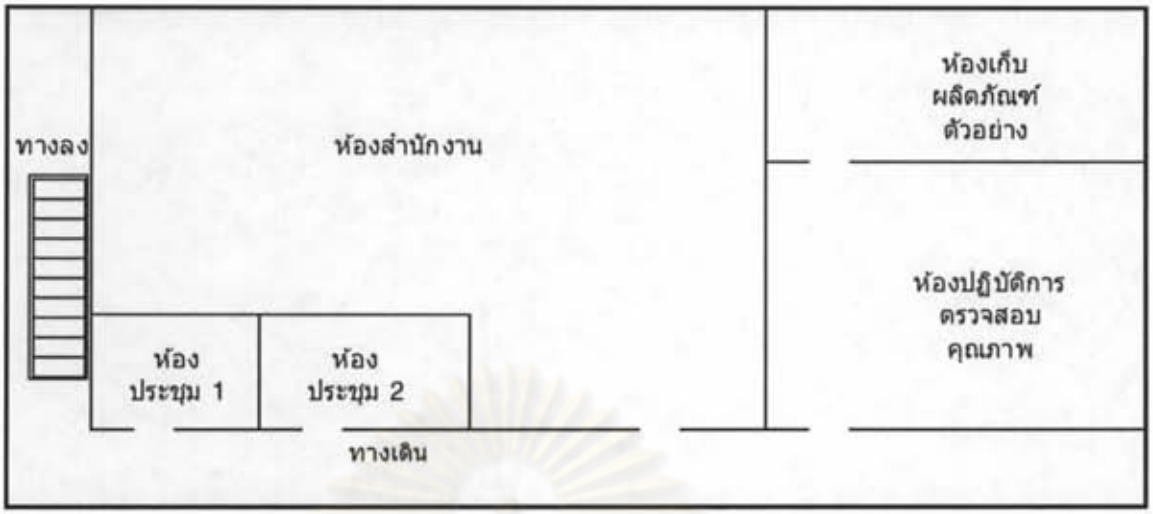
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะขอกล่าวขอบเขตเฉพาะการผลิตในอาคาร B เท่านั้น

3.1.1 ลักษณะกระบวนการผลิตซอสในอาคาร B

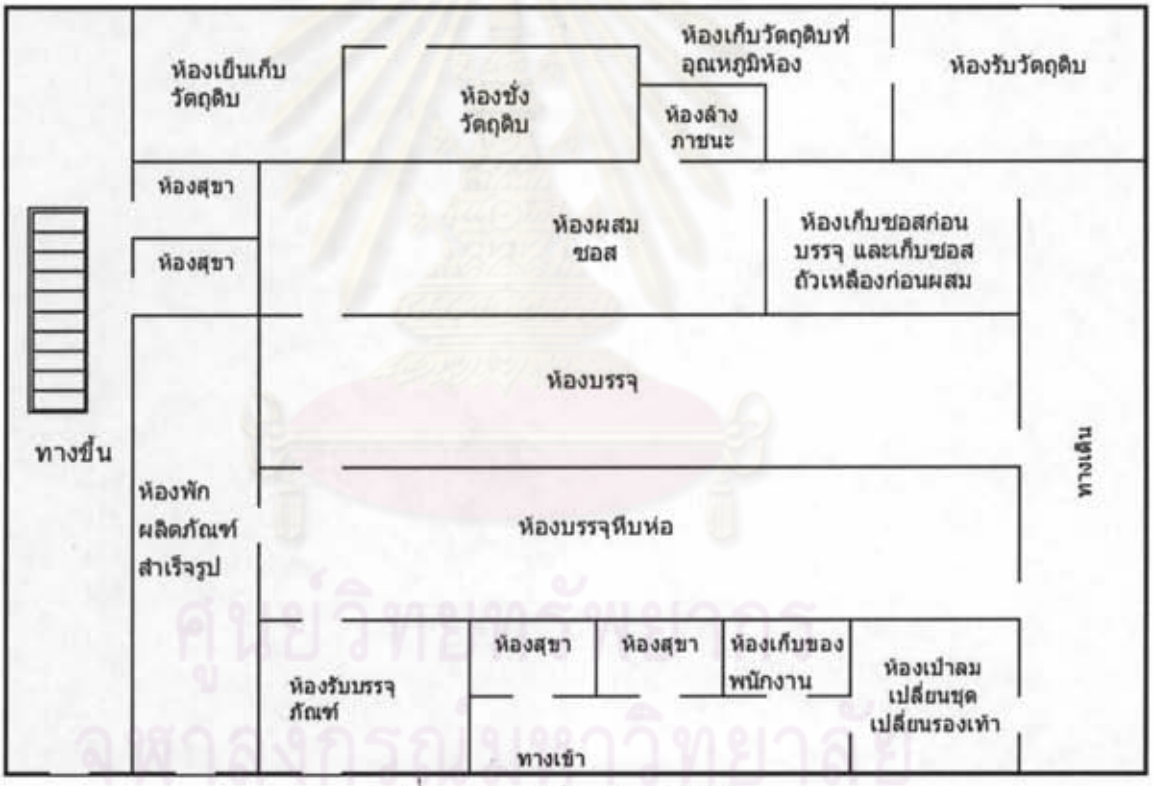
ในอาคาร B มีลักษณะเป็นตึก 2 ชั้น โดยชั้นบน จะเป็นสำนักงานของพนักงานทุกฝ่าย ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ (QC Lab) และห้องเก็บผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตไปแล้ว เพื่อสามารถทวนสอบกลับได้ในกรณีเกิดการร้องเรียนจากลูกค้า

ส่วนด้านล่างอาคารจะเป็นส่วนการผลิต ประกอบด้วย ห้องรับและเก็บวัตถุดิบ ห้องชั่งวัตถุดิบ ห้องผสมซอส ห้องบรรจุลงขวด และห้องบรรจุลงหีบห่อ ตามรูปที่ 3.4

ผังอาคารชั้นที่ 2



ผังอาคารชั้นที่ 1



รูปที่ 3.4 แผนผังในอาคารผลิต B

ห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพ (QC Lab)

ห้องนี้จะอยู่ในชั้นสองของอาคาร พนักงานทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพของทุกผลิตภัณฑ์ซึ่งจะตรวจสอบทั้งผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์สุดท้ายหลังบรรจุ แบ่งการตรวจสอบออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. การตรวจสอบทางด้านเคมีและกายภาพ เช่น การตรวจสอบค่าเกลือ ค่าความเป็นกรด ค่าสี ค่าความข่น ค่าความชื้น ค่าแอลกอฮอล์ และค่าโปรตีน เป็นต้น
2. การตรวจสอบทางด้านประสาทสัมผัส เช่น การตรวจสอบรสชาติ กลิ่นรส ลักษณะปรากฏ สี เทียบกับตัวอย่างมาตรฐานโดยพนักงานที่ผ่านการฝึกฝนมากกว่า 3 คนขึ้นไป
3. การตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ เป็นการตรวจสอบด้านเชื้อจุลินทรีย์ให้ตรงตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และตรงตามกฎหมายประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ จะมีพนักงานรับส่งตัวอย่าง เป็นผู้รับตัวอย่างจากจุดส่งตัวอย่างด้านล่างมาส่งให้พนักงานตรวจสอบคุณภาพชั้นสอง เมื่อพนักงานตรวจสอบคุณภาพวิเคราะห์ตัวอย่างเสร็จสิ้นแล้ว จะโทรแจ้งพนักงานที่เกี่ยวข้องด้านล่าง (พนักงานห้องผสมซอสหรือห้องบรรจุ) เพื่อแจ้งให้ปล่อยผลิตภัณฑ์ไปขั้นต่อไป ในกรณีที่ค่าวิเคราะห์ผ่าน หรือ แจ้งให้กักผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ผลวิเคราะห์ไม่ผ่าน

ห้องเก็บผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง

สำหรับเก็บตัวอย่างมาตรฐาน เช่น วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สุดท้าย เพื่อนำมาเปรียบเทียบในการรับวัตถุดิบเข้าและการทดสอบประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์สุดท้าย และในห้องนี้จะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไปแล้ว เพื่อสามารถทวนสอบกลับได้ในกรณีเกิดการร้องเรียนจากลูกค้า อายุการเก็บจะเท่ากับอายุของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ทางเข้าฝ่ายผลิต ห้องเป่าลม ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและเปลี่ยนรองเท้า

เนื่องจากโรงงานเป็นโรงงานผลิตอาหาร ดังนั้นโรงงานจำเป็นต้องมีระบบ GMP (Good Manufacturing Practise) ที่ใช้ควบคุมลักษณะโรงงานและขั้นตอนการผลิตให้ถูกสุขลักษณะ ดังนั้นก่อนที่พนักงานจะเข้าสายการผลิต จำเป็นต้องเปลี่ยนชุด ใส่ตาข่ายคลุมผม หมวก ผ้าปิดปาก และเปลี่ยนรองเท้า หลังจากนั้นจะผ่านไปยังห้องเป่าลม เพื่อเป่าเศษผงหรือผมต่างๆออกจากร่างกาย และผ่านไปยังขั้นตอนล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรค และพ่นแอลกอฮอล์ ก่อนสวมถุงมือเข้าไปภายในสายการผลิต ด้วยขั้นตอนการทำความสะอาดที่มากมาย ทำให้การเดินเข้าออกให้ส่วนนี้จะเสียเวลาค่อนข้างสูง

ห้องรับวัตถุดิบและห้องชั่งวัตถุดิบ

เมื่อเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ผลิตภัณฑ์แจ้งผลการตรวจวัตถุดิบรับเข้าว่าผ่านแล้ว วัตถุดิบจะถูกนำมาจัดเก็บ ซึ่งจะแบ่งเป็นส่วนห้องอุณหภูมิปกติ ห้องแช่เย็นและห้องแช่แข็ง

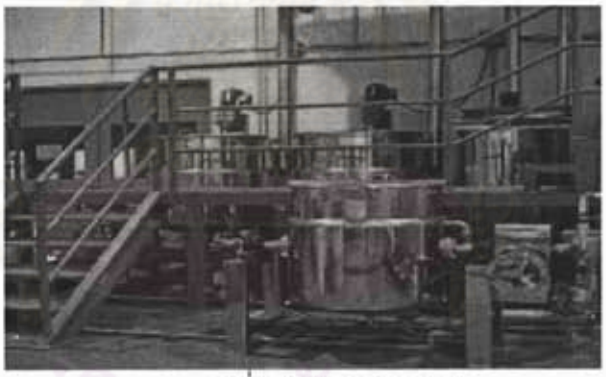
เมื่อแผนการผลิตออกมา พนักงานห้องชั่งวัตถุดิบจะชั่งวัตถุดิบตามแผนการผลิตล่วงหน้า 1 วัน และแยกเป็นสัดส่วนของแต่ละผลิตไว้โดยจะวางไว้ในห้องเก็บอุณหภูมิปกติ

ข้อมูลของวัตถุดิบที่ใช้และยอดคงเหลือแล้วจะถูกป้อนเข้าไปในระบบทางบัญชีจากห้องนี้

ในห้องนี้จะประกอบด้วย หัวหน้างาน 1 คน (ดูแลทั้งห้องชั่งและห้องผสมซอส) และพนักงานในห้องชั่ง 3 คน

ห้องผสมซอส

ในห้องผสมซอสประกอบด้วย หม้อผสมขนาด 3.6 ตัน 1 หม้อ, 1.2 ตัน 1 หม้อ และ 0.6 ตัน 2 หม้อ รวมเป็น 4 หม้อผสม เนื่องด้วยโรงงานนี้ทำการผลิตเพียง 1 กะ ทำให้สามารถผสมซอสได้มากที่สุด 2 รอบ/หม้อ/วัน ดังนั้นกำลังการผลิตของโรงงานนี้จึงเท่ากับ 12 ตัน/วัน กระบวนการผสมซอสถือได้ว่าเป็น จุดคอขวดของการผลิตซอสทั้งกระบวนการ



รูปที่ 3.5 ห้องผสมซอส

การทำงานของหม้อผสมซอสจะมีลักษณะเป็นหม้อ 2 ชั้น โดยมีท่อไอน้ำต่อเข้าบริเวณช่องว่างของหม้อผสมเพื่อให้ความร้อนและท่อน้ำประปาต่อเข้าเพื่อให้ความเย็น ซึ่งหลังจากที่น้ำประปาผ่านเข้าไปให้ความเย็นแล้วจะต้องปล่อยทิ้งออกสู่ทางระบายน้ำโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ ภายในหม้อผสมแต่ละหม้อจะมีใบพัดเพื่อทำการกวนผสม ระบบของหม้อผสมจะมีทั้งเป็นแบบอัตโนมัติกล่าวคือสามารถตั้งเวลาและอุณหภูมิเพื่อให้หม้อผสมสามารถเปิดปิดระบบไอน้ำและระบบน้ำหล่อเย็นเข้าอัตโนมัติซึ่งมีเพียงหม้อผสมขนาด 3.6 ตันเพียงหม้อเดียวเท่านั้น หม้อผสมอื่นๆ นอกจากนั้นจะทำงานโดยการควบคุมจากพนักงานในห้องผสมเพียงอย่างเดียว

พนักงานในห้องนี้ประกอบด้วย หัวหน้างาน 1 คน (ดูแลทั้งห้องชั่ง ห้องเก็บวัตถุดิบและห้องผสมซอส) พนักงานผสมซอส 4 คน

ห้องเก็บซอสก่อนบรรจุ

ในห้องนี้จะมีถังขนาดใหญ่ไว้เก็บพักซอสที่ผสมเสร็จแล้วไว้รอการบรรจุในวันรุ่งขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับถังผสมขนาด 3.6 ตัน เนื่องจากไม่สามารถผลิตและบรรจุเสร็จภายใน 1 วันทำงาน การย้ายซอสมาในถังรอบรรจุเพื่อให้สามารถใช้งานถังผสมกับงานอื่นต่อไปได้

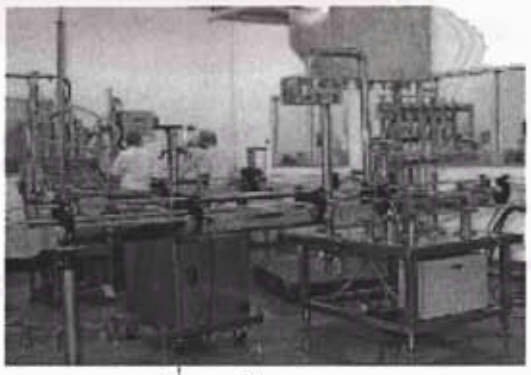
พนักงานที่ดูแลห้องนี้คือพนักงานชุดเดียวกับห้องผสมซอส

ห้องบรรจุซอส

ซอสหลังจากผสมเสร็จและผ่านการตรวจสอบทางด้านคุณภาพจะถูกปล่อยมายังห้องบรรจุเพื่อบรรจุลงขวดหรือซอง

ห้องบรรจุประกอบด้วย 4 สายการบรรจุ ได้แก่

1. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติในขวดขนาดเล็ก (100 มล., 200 มล.)
2. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติซอสในขวดขนาดกลาง – ใหญ่ (200 มล.- 1000 มล.)
3. สายการบรรจุซอสในขวดขนาดใหญ่ (1000 มล.– 5000 มล.)
4. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติบรรจุในซองขนาดเล็ก



รูปที่ 3.6 ห้องบรรจุซอส

การทำงานของเครื่องบรรจุอัตโนมัติ เริ่มจากการทำงานโดยเครื่องบรรจุสูบซอสมาส่วนรองรับซอสด้านบน และมีลูกสูบต่อลงมาเพื่อปล่อยซอสลงขวดตามแรงโน้มถ่วง ตรงส่วนหัวลูกสูบจะมีเครื่องมือตรวจจับระดับของซอส เมื่อระดับของซอสเต็ม หัวลูกสูบก็จะเลื่อนขึ้น และซอสจะถูก

เลื่อนต่อไปยังสายพานเพื่อให้พนักงานใส่ฝา และผ่านไปยังเครื่องกดฝาอัตโนมัติก่อนเข้าสู่กระบวนการติดฉลากและบรรจุหีบห่อต่อไป

จำนวนพนักงานในห้องนี้เป็นดังนี้

1. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติในขวดขนาดเล็ก จำนวน 2 คน
2. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติในขวดขนาดกลาง – ใหญ่ จำนวน 2 คน
3. สายการบรรจุในขวดขนาดใหญ่ (1000 มล.– 5000 มล.)จำนวน 4 คน
4. สายการบรรจุกึ่งอัตโนมัติบรรจุในซองขนาดเล็ก จำนวน 3 คน

<u>ห้องบรรจุหีบห่อ</u>

ขั้นตอนในห้องนี้ประกอบไปด้วย

1. ครอบฉลากใส่ขวดซอสที่บรรจุแล้ว
2. ซอสเคลื่อนผ่านอุโมงค์ความร้อน เพื่อให้ฉลากหดตัวเข้ากับขวดซอส
3. ประทับวันที่ผลิตบนฉลากครอบขวด โดยเครื่องประทับวันที่อัตโนมัติ
4. บรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องกระดาษ
5. ประทับวันที่ผลิตที่กล่องกระดาษ
6. เรียงใส่ชั้นวางสินค้า และส่งไปห้องพักผลิตภัณฑ์สุดท้ายเพื่อให้ ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบก่อนส่งเข้าโกดัง หรือส่งออกไปศูนย์กระจายสินค้า

รูปที่ 3.7 ห้องบรรจุหีบห่อ

สายการบรรจุในห้องนี้จะต่อกับสายการบรรจุห้องบรรจุซอสลงขวด ดังนั้น จำนวนสายการบรรจุลงหีบห่อทั้งหมดเท่ากับ 4 สายเช่นเดียวกัน

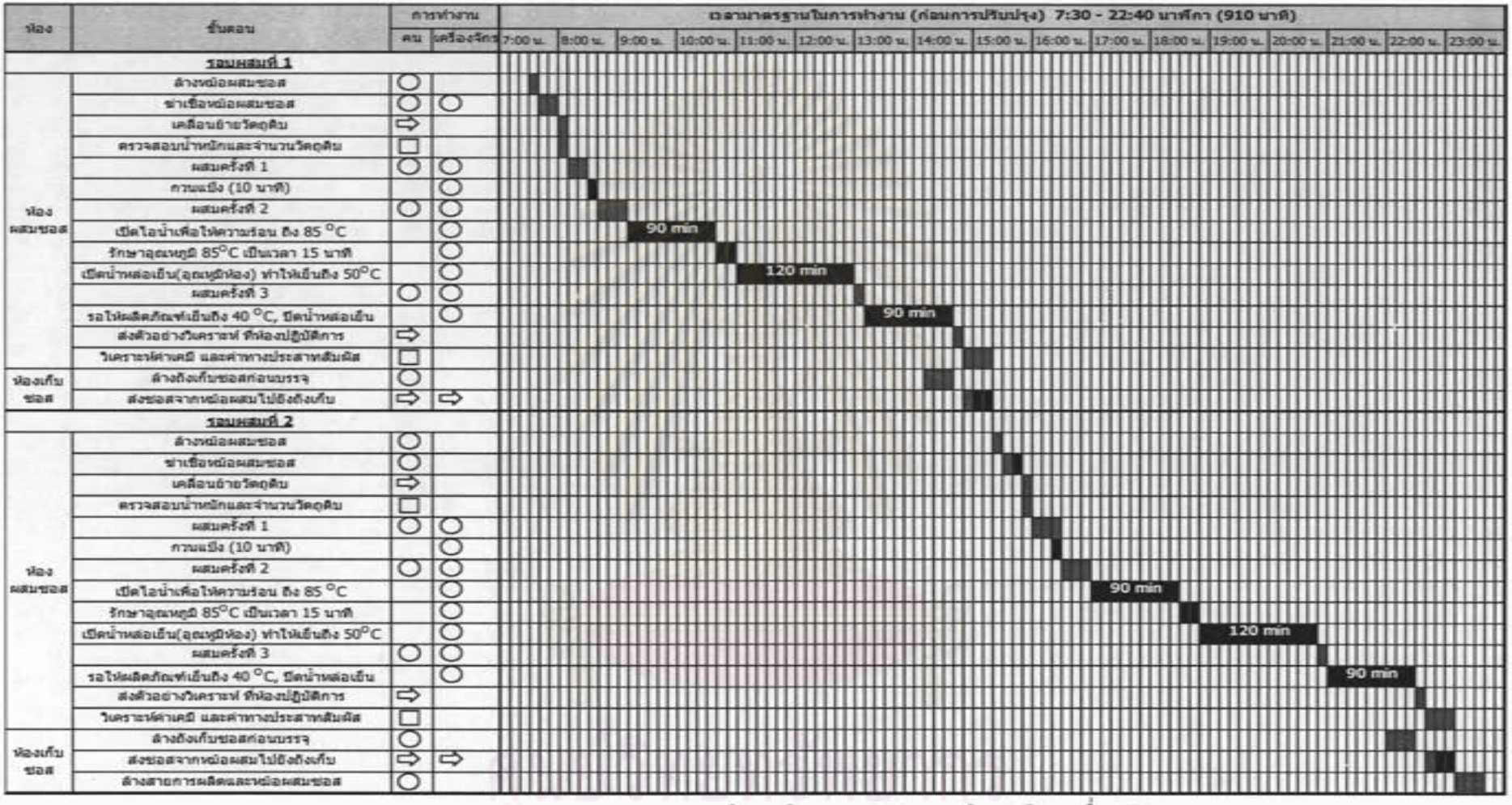
พนักงานในห้องนี้จะมีทั้งหมด 14 คนซึ่งพนักงานในห้องนี้จะดูแลห้องรับบรรจุภัณฑ์ด้วย

3.1.2 ขั้นตอนมาตรฐานการผลิตซอส (สำหรับซอสชนิด A)

ขั้นตอนมาตรฐานการผลิตซอสชนิด A ทั้งกระบวนการเป็นไปตามตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.8-3.9

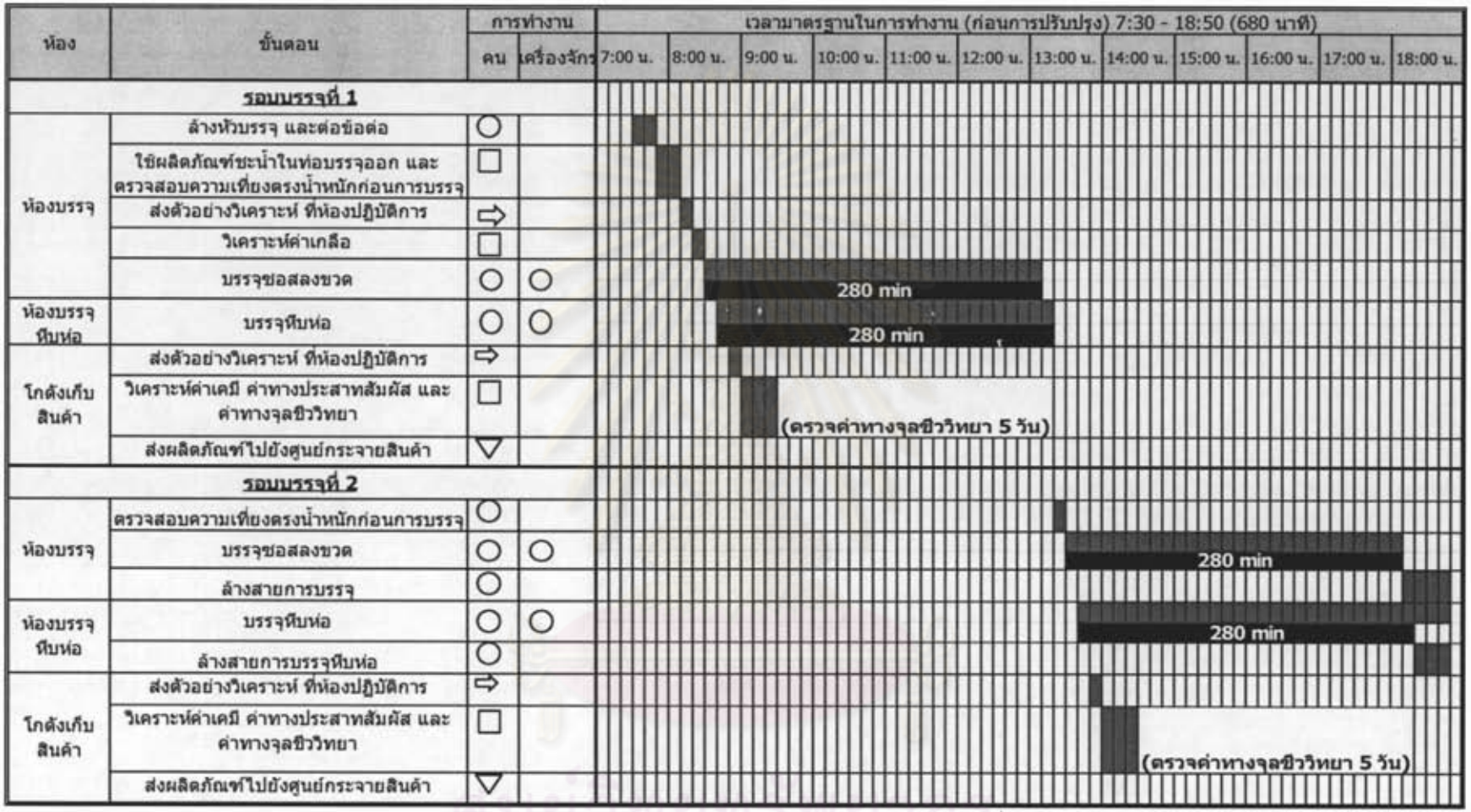
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนมาตรฐานการผลิตซอส (สำหรับซอสชนิด A)

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา (นาที)
		คน	เครื่องจักร	
ห้องชั่งวัตถุดิบ	ชั่งวัตถุดิบล่วงหน้า 1 วัน	○		
	↓			
ห้องผสมซอส	ล้างหม้อผสมซอส	○		10
	↓			
	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	20
	↓			
	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		5
	↓			
	ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		5
	↓			
	ผสมครั้งที่ 1	○	○	20
	↓			
	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10
	↓			
	ผสมครั้งที่ 2	○	○	30
	↓			
	เปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 °C		○	90
	↓			
	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 10 นาที		○	15
	↓			
	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้เย็นถึง 50 °C		○	120
	↓			
	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10
	↓			
	รอให้เย็นถึง 40 °C ปิดน้ำหล่อเย็น ปิดใบกวน		○	90
	↓			
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10
	↓			
	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		30
	↓			
ห้องเก็บซอสก่อนบรรจุ	ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		30
	↓			
	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨	⇨	30
	↓			
ห้องบรรจุซอส	ล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ	○		20
	↓			
	ใช้ผลิตภัณฑ์ขะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และ ตรวจสอบความเที่ยงตรง	□	□	10
	↓			
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10
	↓			
	วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		20
	↓			
	บรรจุซอสลงขวด	○	○	280
	↓			
ห้องบรรจุหีบห่อ	บรรจุหีบห่อ	○	○	280
	↓			
โกดังสินค้า	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10
	↓			
	วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา	□		5 วัน
	↓			
	ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า	▽		



หมายเหตุ ◘ = ทำงานโดยคน ■ = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 3.8 เวลามาตรฐานในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการผสมซอสขนาด 3.6 ตัน เมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวัน



หมายเหตุ ▣ = ทำงานโดยคน ■ = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 3.9 เวลามาตรฐาน ในการผลิตซอสชนิด A ขั้นตอนการบรรจุ สายการผลิตกึ่งอัตโนมัติบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มิลลิลิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การศึกษาสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

3.2.1 การประเมินความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต

การประเมินความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตประเมินตามลักษณะของกิจกรรม เริ่มต้นโดยการวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมซึ่งแบ่งแยกเป็น กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า และ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า เพื่อให้ง่ายต่อการหาแนวทางลดหรือ กำจัดกิจกกรรมที่ไม่มีคุณค่าออกไป หลังจากนั้นกิจกรรมต่างๆจะถูกประเมินตามหลักความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการโดยการวิเคราะห์งานอย่างละเอียดในแต่ละกิจกรรม หลักความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการได้แก่ ความสูญเปล่าจาการผลิตมากเกินไป ความสูญเปล่าจากการรอคอย ความสูญเปล่าจากการขนส่ง ความสูญเปล่าจากกระบวนการไม่เหมาะสม ความสูญเปล่าจากสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวไม่เหมาะสม และความสูญเปล่าจากข้อบกพร่อง แต่สำหรับการศึกษาครั้งนี้จะเน้นความสูญเปล่าที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ระยะเวลานานเกินความจำเป็นซึ่งจะพิจารณาโดยการติดตามการผลิตในแต่ละขั้นตอนของการผลิต อย่างใกล้ชิด การประเมินในขั้นตอนนี้ทำเพื่อให้ทราบถึงความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นอันเป็นเหตุให้เวลามาตรฐานในการทำงานนานเกินปกติ ซึ่งสามารถทำให้วิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขต่อไปได้โดยง่ายและถูกจุด ตัวอย่างการวิเคราะห์ดังตัวอย่างในหัวข้อถัดไป

1) ขั้นตอนการล้างหม้อผสมซอส

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานฉีดน้ำและใช้น้ำยาขะล้างเพื่อกำจัดซอสและคราบอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ผ่านมา และเก็บภาชนะที่ใช้ในกระบวนการที่ผ่านมาไปห้องล้างภาชนะ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: เกิดการรอคอยของขั้นตอนถัดไป ของพนักงานคนอื่น และไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักร

2) ขั้นตอนการฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานเติมน้ำ (อุณหภูมิปกติ) ลงให้หม้อผสมซอสที่ผ่านการล้างแล้วประมาณ1/2 ของความจุหม้อ จากนั้นปิดฝาหม้อ และเริ่มให้ความร้อนโดยการเปิดไอน้ำเข้าสู่หม้อผสม เมื่ออุณหภูมิในหม้อผสมสูงถึง 80^{o}C รอประมาณ 5 นาทีและปล่อยน้ำทิ้งออก เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรค

เวลามาตรฐานที่ใช้: 20 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานรอเครื่องจักรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนด

3) **ขั้นตอนการเครื่องย้ายวัตถุดิบ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานเคลื่อนย้ายวัตถุดิบที่พนักงานห้องชั่งเตรียมไว้จากห้องชั่ง มาสู่บริเวณหม้อผสมให้ห้องผสมซอส โดยใช้เครื่องมือคือรถยกมือ (Handlift) ในการขนย้าย

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที (ทำงานพร้อมกับขั้นตอนตรวจสอบน้ำหนัก)

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการขนส่ง

ลักษณะของความสูญเปล่า: อุปกรณ์ที่ใช้ขนย้ายมีเพียงเครื่องเดียว อีกทั้งลักษณะห้องค่อนข้างแคบ พนักงานสามารถขนย้ายได้ครั้งละ 1 พาเลท

4) **ขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: หัวหน้างานมาตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบตามสูตรในบริเวณหม้อผสมให้ห้องผสมซอส ก่อนทำการผสมจริง

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที (ทำงานพร้อมกับขั้นตอนเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ)

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: ไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักร พนักงานคนอื่นรอคอยหัวหน้ามาตรวจสอบ

5) **ขั้นตอนการผสมครั้งที่** 1

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงาน: เติมน้ำ แกะบรรจุภัณฑ์และเทส่วนผสมประเภทของเหลวลงไปในหม้อผสม เช่น น้ำส้มสายชูจากถังแกลอน น้ำมันจากปี๊ป เป็นต้น จากนั้นเทส่วนผสมประเภทแป้งตามลงไป

เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 20 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมาก

ลักษณะของความสูญเปล่า:

1. เกิดการเคลื่อนไหวในการลากและยกถังบรรจุต่างๆ
2. เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในการเปิดบรรจุภัณฑ์ต่างๆ
3. อุปกรณ์ประเภทปี๊ปเปิดยากใช้เวลาเปิดนานมาก

6) **ขั้นตอนการกวนผสมแป้ง**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงาน: รอการผสมแป้ง 10 นาที

เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากัน

เนื่องจากแป้งเป็นส่วนผสมที่ต้องแช่น้ำเพื่อให้เม็ดแป้งบวมน้ำก่อนที่ใส่วัตถุดิบประเภทของแข็งและเริ่มให้ความร้อน ถ้าแป้งถูกใส่พร้อมส่วนผสมประเภทของแข็งและเริ่มให้ความร้อนทันที เม็ดแป้งจะไม่สามารถบวม และส่งผลทำให้แป้งไม่สุก ซึ่งทำให้เกิดการตกตะกอนจุดสีขาวในผลิตภัณฑ์ และความหนืดของซอสต่ำกว่าที่กำหนด

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: ไม่มีการทำงานของพนักงาน พนักงานรอคอยขั้นตอนถัดไป

7) **ขั้นตอนการผสมครั้งที่** 2

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงาน: แกะบรรจุภัณฑ์และเทส่วนผสมประเภทของแข็งลงไปในหม้อผสม เช่น เกลือ น้ำตาล จากกระสอบ และส่วนผสมที่เป็นของแข็งที่ถูกชั่งแบ่งใส่ถุงพลาสติกล่วงหน้าไว้แล้ว

เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากัน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 30 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมาก

ลักษณะของความสูญเปล่า:

1. เกิดการเคลื่อนไหวในการลากและยกถุงพลาสติกและกระสอบต่างๆ
2. เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในการเปิดบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

8) **ขั้นตอนการเปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง** 85 $^{\circ}$C

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงาน: เปิดวาล์วไอน้ำและกดปุ่มที่แผงควบคุม

เครื่องจักร: ไอน้ำเข้ามาในส่วนรอบนอกของหม้อผสมเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนให้ผลิตภัณฑ์ด้านในหม้อผสม ใบพัดในหม้อผสมเปิดตลอดเวลาเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากันและกระจายความร้อน จนกระทั่งอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ด้านในสูงถึง 85°C เพื่อฆ่าเชื้อและทำให้แป้งสุก ไอน้ำที่ผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วจะถูกปล่อยออกสู่ภายนอกโรงงาน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 90 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

9) **ขั้นตอนการรักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

เครื่องจักร: ควบคุมการเปิด-ปิด ไอน้ำเข้ามาในส่วนรอบนอกของหม้อผสมเพียงเล็กน้อย เพื่อควบคุมให้ผลิตภัณฑ์ด้านในหม้อผสมอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่กำหนด และใบพัดในหม้อผสมเปิดตลอดเวลาเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากัน และกระจายความร้อน เพื่อฆ่าเชื้อและทำให้แป้งสุก

เวลามาตรฐานที่ใช้: 15 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

10) **ขั้นตอนเปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) เพื่อทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

เครื่องจักร: ปิดวาล์วไอน้ำและเปิดวาล์วน้ำอุณหภูมิปกติเข้ามาในส่วนรอบนอกของหม้อผสมโดยอัตโนมัติ น้ำจะถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับผลิตภัณฑ์ภายในเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ลง น้ำที่ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนไปแล้วจะทิ้งสู่ระบบน้ำเสียทันทีโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ ใบพัดถูกเปิดเพื่อกวนผสมและแลกเปลี่ยนความร้อนตลอดเวลา

เวลามาตรฐานที่ใช้: 120 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากกระบวนการไม่เหมาะสม

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

เกิดการปล่อยน้ำทิ้งหลังจากการหล่อเย็นปริมาณสูง และใช้เวลานานเกินความจำเป็น

11) **ขั้นตอนการผสมครั้งที่ 3**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงาน: แกะบรรจุภัณฑ์และเทส่วนผสมประเภทที่ไม่สามารถทนความร้อนได้ลงไปในหม้อผสม เช่น แอลกอฮอล์ และกลิ่นรสต่างๆ ที่ถูกชั่งแบ่งใส่ถุงพลาสติกล่วงหน้าไว้แล้ว

เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆให้เข้ากัน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมาก

ลักษณะของความสูญเปล่า: เกิดการเคลื่อนไหวยกถุงพลาสติก และยกของไปล้างทิ้ง

12) **ขั้นตอนการทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 40 °C**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

เครื่องจักร: น้ำอุณหภูมิปกติเข้ามาในส่วนรอบนอกของหม้อผสมอย่างต่อเนื่อง น้ำจะถูกแลกเปลี่ยนความร้อนกับผลิตภัณฑ์ภายในเพื่อลดอุณหภูมิผลิตภัณฑ์ลง น้ำที่ถูกแลกเปลี่ยนความร้อนไปแล้ว จะทิ้งสู่ระบบน้ำเสียทันทีโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ ใบพัดถูกเปิดเพื่อกวนผสมและแลกเปลี่ยนความร้อนตลอดเวลา

เวลามาตรฐานที่ใช้: 90 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากกระบวนการไม่เหมาะสม

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

เกิดการปล่อยน้ำทิ้งหลังจากหล่อเย็นปริมาณสูง และใช้เวลานานเกินความจำเป็น

13) **ขั้นตอนการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานในห้องผสมขอสติกตัวอย่างผลิตภัณฑ์และนำไปส่งไว้ที่จุดส่งตัวอย่าง พร้อมโทรแจ้งทางห้องปฏิบัติการเพื่อให้พนักงานรับตัวอย่างมารับตัวอย่างนำส่งห้องปฏิบัติการ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากการขนส่ง

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน และ เกิดการขนย้ายและสื่อสารหลายขั้นตอน

14) **ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานห้องปฏิบัติการ: วิเคราะห์ค่าเคมีและค่าทางประสาทสัมผัสตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ ได้แก่การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าเกลือ ค่าทางประสาทสัมผัสต่างๆ ถ้าค่าผ่านตามช่วงที่กำหนด พนักงานห้องปฏิบัติการจะแจ้งผลกลับไปยังพนักงานห้องผสมขอสเพื่อ ตัดสินว่าผลิตภัณฑ์สามารถบรรจุขั้นต่อไปได้หรือกักผลิตภัณฑ์เพื่อทำการแก้ไขหากผลค่าวิเคราะห์ไม่ผ่าน

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: ความสูญเปล่าจากการรอคอยของพนักงานห้องผสมซอส และเครื่องจักรไม่ได้ทำงาน

15) ขั้นตอนการล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ (ไม่ใช่กระบวนการบนเส้นทางวิกฤต)

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานฉีดน้ำและสารทำความสะอาด เพื่อกำจัดซอสและคราบอื่นๆ ในถังเก็บซอสก่อนบรรจุ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 30 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: ไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักร

16) ขั้นตอนการส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานต่อท่อจากหม้อผสมซอสไปยังถังเก็บซอสชั่วคราวเพื่อรอบรรจุ

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

เวลามาตรฐานที่ใช้: 30 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากการขนส่ง

ลักษณะของความสูญเปล่า: เป็นการเก็บสินค้าระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อรอบรรจุในกระบวนการถัดไป

17) ขั้นตอนการล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ (ไม่ใช่กระบวนการบนเส้นทางวิกฤต)

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน: พนักงานห้องบรรจุซอสลงขวด ล้างหัวบรรจุซอสและข้อต่อต่างๆโดยการฉีดน้ำและสารทำความสะอาด ก่อนการบรรจุ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 20 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน

18) ขั้นตอนการใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และ ตรวจสอบความเที่ยงตรงน้ำหนักก่อนการบรรจุ

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี

ลักษณะการทำงาน: ใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และทดสอบความเที่ยงตรงของน้ำหนักโดยการลองบรรจุก่อนการบรรจุจริง

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากกระบวนการไม่เหมาะสม ความสูญเปล่าจากข้อบกพร่อง (เกิดของเสีย)

ลักษณะของความสูญเปล่า: เกิดของเสียทิ้งไปในช่วงใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อ และช่วงตั้งค่าน้ำหนักบรรจุ

19) **ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานในห้องบรรจุซอสเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลังจากเสร็จสิ้นการชะท่อบรรจุและนำไปส่งไว้ที่จุดส่งตัวอย่างพร้อมโทรแจ้งทางห้องปฏิบัติการเพื่อให้พนักงานรับตัวอย่างมารับตัวอย่างนำส่งห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบผลการไล่ท่อว่าไม่มีน้ำคงเหลือในท่อก่อนการบรรจุต่อไป

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากการขนส่ง

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน และ เกิดการขนย้ายและสื่อสารหลายขั้นตอน

20) **ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าเกลือ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่มีความจำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานห้องปฏิบัติการ: วิเคราะห์ค่าเกลือ ในผลิตภัณฑ์บรรจุขวด เพื่อตรวจสอบว่าไม่มีน้ำหลงเหลือจากขั้นตอนการล้าง จากนั้นพนักงานห้องปฏิบัติการจะแจ้งผลกลับไปยังพนักงานห้องผสมซอส เพื่อตัดสินว่าผลิตภัณฑ์สามารถบรรจุขั้นต่อไปได้หรือไม่

เวลามาตรฐานที่ใช้: 20 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และ ความสูญเปล่าจากกระบวนการไม่เหมาะสม

ลักษณะของความสูญเปล่า: มีการตรวจสอบมากเกินความจำเป็น พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป และเครื่องจักรไม่ได้ทำงาน

21) **ขั้นตอนบรรจุซอสลงขวด**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานในห้องบรรจุ: เรียงขวดลงสายการบรรจุ และใส่ฝาลงที่เครื่องปิดฝา

เครื่องบรรจุ: ฉีดซอสลงขวด (เครื่องมี 8 หัวฉีด) เครื่องบรรจุจะฉีดซอสลงขวดตามปริมาตรที่กำหนดไว้ โดยขวดซอสจะเคลื่อนผ่านสายพานโดยระบบอัตโนมัติ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 280 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: -

ลักษณะของความสูญเปล่า: -

22) **ขั้นตอนบรรจุซอสลงหีบห่อ**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานในห้องบรรจุหีบห่อ: ครอบฉลากที่ขวด ตรวจสอบความสมบูรณ์ของฉลากและเรียงลงกล่องกระดาษ

เครื่องบรรจุบรรจุหีบห่อ: สายพานเลื่อนขวดที่ถูกครอบฉลากแล้ว ไปสู่เครื่องอบลมร้อนเพื่อทำให้ฉลากหดตัว และประทับวันที่โดยเครื่องประทับวันที่อัตโนมัติ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 280 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: -

ลักษณะของความสูญเปล่า: -

23) **ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ (ไม่ใช่กิจกรรมบนเส้นทางวิกฤตในสายการผลิต)**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานในห้องผสมซอสตักตัวอย่างผลิตภัณฑ์และนำไปส่งไว้ที่จุดส่งตัวอย่างพร้อมโทรแจ้งทางห้องปฏิบัติการเพื่อให้พนักงานรับตัวอย่างมารับตัวอย่างนำส่งห้องปฏิบัติการ

เวลามาตรฐานที่ใช้: 10 นาที

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย และความสูญเปล่าจากการขนส่ง

ลักษณะของความสูญเปล่า: พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป

เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน และเกิดการขนย้ายและสื่อสารหลายขั้นตอน

24) **วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา (ไม่ใช่กิจกรรมบนเส้นทางวิกฤตในสายการผลิต)**

ลักษณะของกิจกรรม: กิจกรรมที่จำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า

ลักษณะการทำงาน:

พนักงานห้องปฏิบัติการ: วิเคราะห์ค่าเคมีและค่าทางประสาทสัมผัสตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ ได้แก่การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ค่าเกลือ ค่าทางประสาทสัมผัสต่างๆ และค่าทางจุลชีววิทยา ถ้าค่าผ่านตามช่วงที่กำหนด (Specification) หัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพสามารถออกคำสั่งปล่อยสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้าได้

เวลามาตรฐานที่ใช้: 5 วัน (สำหรับวิเคราะห์ผลเชื้อจุลินทรีย์)

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

ลักษณะของความสูญเปล่า: เกิดการรอคอยก่อนที่สินค้าจะถูกส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้า

จากการวิเคราะห์ความสูญเปล่าทุกกิจกรรมที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สรุปลักษณะความสูญเปล่าแต่ละขั้นตอนที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา (นาที)	ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น
		คน	เครื่องจักร		
ห้องชั่งวัตถุดิบ	ชั่งวัตถุดิบล่วงหน้า 1 วัน	○			-
	↓				
ห้องผสมซอส	ล้างหม้อผสมซอส	○		10	การรอคอย
	↓				
	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	20	การรอคอย
	↓				
	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		5	การขนส่ง
	↓				
	ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		5	การรอคอย
	↓				
	ผสมครั้งที่ 1	○	○	20	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น
	↓				
	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	การรอคอย
	↓				
	ผสมครั้งที่ 2	○	○	30	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น
	↓				
	เปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 °C		○	90	การรอคอย
	↓				
	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 10 นาที		○	15	การรอคอย
	↓				
	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้เย็นถึง 50 °C		○	120	การรอคอย
	↓				
	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น
	↓				
	รอให้เย็นถึง 40 °C ปิดน้ำหล่อเย็น ปิดไบกวน		○	90	การรอคอย
	↓				
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การขนส่ง
	↓				
	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		30	การรอคอย
	↓				
ห้องเก็บซอสก่อนบรรจุ	ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		30	การรอคอย
	↓				
	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨	⇨	30	การขนส่ง
	↓				
ห้องบรรจุซอส	ล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ	○		20	การรอคอย
	↓				
	ใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และ ตรวจสอบความเที่ยงตรง	□	□	10	จากข้อบกพร่อง
	↓				
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การรอคอย
	↓				
	วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		20	การรอคอย
	↓				
	บรรจุซอสลงขวด	○	○	280	-
	↓				
ห้องบรรจุฝาปิดท่อ	บรรจุฝาปิดท่อ	○	○	280	-
	↓				
โกดังสินค้า	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การขนส่ง
	↓				
	วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา	□		5 วัน	การรอคอย
	↓				
	ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า	▽			-

จากข้อมูลในตารางที่ 3.2 พบว่าความสูญเปล่าที่เกิดมากที่สุดเป็นความสูญเปล่าจากการรอคอย เช่นพนักงานรอคอยการทำงานของเครื่องจักร หรือ พนักงานในสายการผลิตรอคอยผล วิเคราะห์จากพนักงานในห้องปฏิบัติการ ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นรองลงมาได้แก่ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง ซึ่งพบทั้งการขนส่งตัวอย่างจากสายการผลิตไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจสอบ และการขนส่งผลิตภัณฑ์ในสายการผลิต จากหม้อผสมซอสไปยังถังเก็บ และจากถังเก็บไปยังสายการบรรจุ

ความสูญเปล่าลำดับที่สามเกิดขึ้น ได้แก่ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมากเกินจำเป็นของพนักงานในระหว่างการผสมซอส ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นคือ พนักงานต้องเอื้อมมือหาอุปกรณ์ในการช่วยเปิดภาชนะบรรจุ หรือเสียเวลาในการแกะถุงพลาสติกของทุกวัตถุดิบก่อนเทลงหม้อผสม และนำอุปกรณ์ที่ใช้แล้วไปที่ห้องล้างภาชนะ

ความสูญเปล่าสุดท้ายที่เกิดขึ้นคือความสูญเปล่าจากข้อบกพร่อง กล่าวคือในกระบวนการผลิตเกิดของเสียเนื่องจากการใช้ผลิตภัณฑ์ในการชะท่อบรรจุและหัวบรรจุ เพื่อให้ท่อบรรจุและหัวบรรจุปราศจากน้ำ พร้อมตั้งค่าเครื่องจักรก่อนการบรรจุจริง ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการกำหนดเวลาและปริมาณเหมาะสมที่ปล่อยทิ้ง ซึ่งถ้ามีการใช้ผลิตภัณฑ์ปล่อยทิ้งมากเกินจำเป็นก็จะเป็นของเสียที่เกิดขึ้นมากเกินความจำเป็น นอกจากนี้ยังเกิดของเสียที่มาจากน้ำในกระบวนการหล่อเย็นที่ถูกใช้แล้วทิ้งไปโดยไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ปริมาณสูง

จากความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในการผลิตหลายจุด ซึ่งส่งผลในเวลามาตรฐานมีค่าสูงและเกิดของเสียในกระบวนการผลิต ทำให้ผู้วิจัยเกิดแนวคิดในการปรับปรุงวิธีการมาตรฐาน ทั้งวิธีการทำงานของคน และวิธีการทำงานของเครื่องจักร อีกทั้งควรพิจารณาถึงความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ เพื่อทำการลดขั้นตอน โดยทั้งนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะต้องไม่แตกต่างไปจากเดิม ทั้งในแง่ คุณสมบัติทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 การประเมินความคลาดเคลื่อนในกระบวนการผลิต

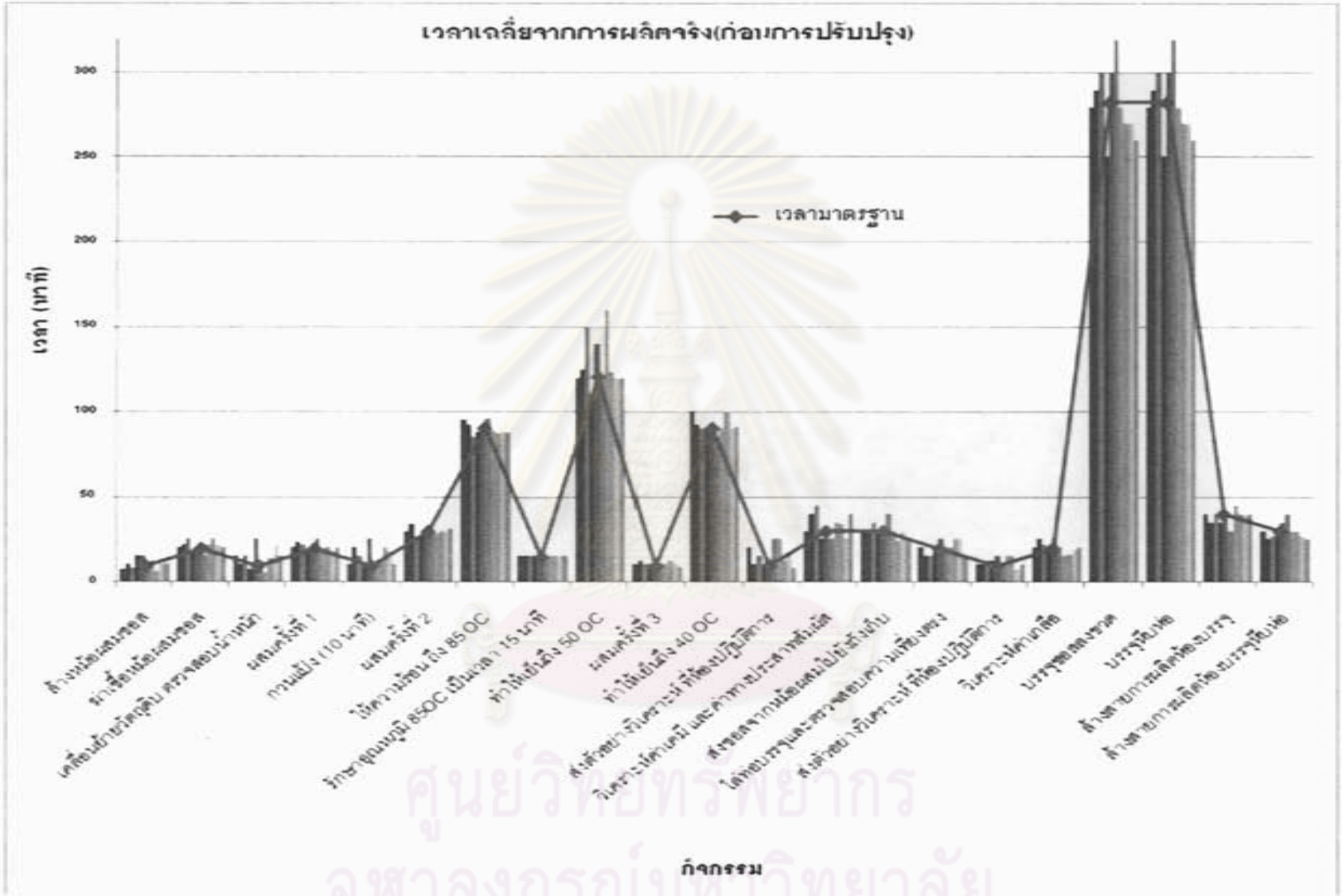
เมื่อพิจารณาในห้องผสมซอสจะประกอบไปด้วย 4 หม้อผสมที่พนักงานต้องทำงานไปพร้อมๆ กันได้แก่ หม้อผสมขนาด 3.6 ตัน 1 หม้อ, 1.2 ตัน 1 หม้อ และ 0.6 ตัน 2 หม้อ โดยจะมีเพียงหม้อใหญ่ขนาด 3.6 ตัน 1 หม้อ ที่สามารถตั้งเวลาการผลิตแบบอัตโนมัติได้ ส่วนหม้อผสมอื่นๆ จะเป็นไม่สามารถตั้งเวลาการผลิตแบบอัตโนมัติได้ทั้งหมด ซึ่งการดำเนินการแต่ละขั้นตอนทั้งหมดก็จะขึ้นอยู่กับการทำงานของพนักงานเอง

ในปัจจุบัน วิธีการควบคุมเวลามาตรฐาน ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เวลาที่ใช้ และสูตรการผสมจะถูกควบคุมด้วยกระดาษบันทึกการผลิต 1 แผ่น ต่อ 1 สูตรการผลิต แต่เนื่องจากขั้นตอนการผลิตซอสแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันไป ทำให้พนักงานต้องคอยหมั่นตรวจสอบบันทึกการผลิตแต่ละแผ่น ในบางครั้งพนักงานเกิดการลืมไปว่าช่วงเวลานี้ควรจะต้องทำกิจกรรมในขั้นตอนใด อีกทั้งใบบันทึกการผลิตหัวหน้างานจะคอยตรวจสอบเป็นหลัก ส่วนพนักงานคนอื่นจะไม่ค่อยได้มาตรวจดู ทำให้ไม่เกิดการควบคุมการทำงานร่วมกัน นอกจากนี้พนักงานในสายการผลิตไม่สามารถจัดลำดับเวลาการทำงานได้ ด้วยสาเหตุเบื้องต้นดังกล่าวทำให้เวลาในการผลิตจริงไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในกระบวนการผลิตสูง เมื่อพิจารณาจากการเก็บข้อมูลการทำงานจริงในสายการผลิตโดยสุ่มตัวอย่าง 10 หม้อผสม ภายในระยะเวลา 3 เดือน ทำให้ทราบว่า การทำงานในแต่ละวันของพนักงานมีความคลาดเคลื่อนออกไปจากเวลามาตรฐานอยู่สูงในหลายจุด ตามตารางที่ 3.3 และรูปที่ 3.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

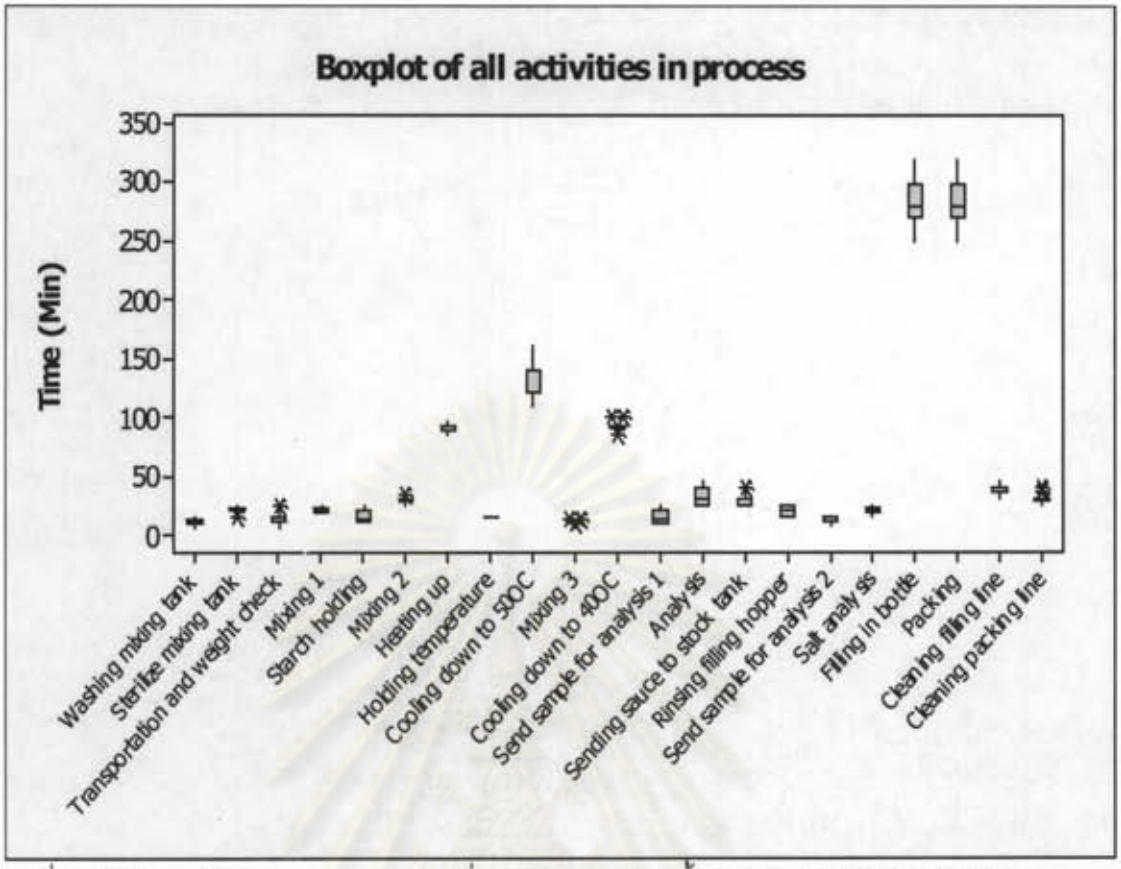
ตารางที่ 3.3 เวลาจริงจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสม ของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มิลลิลิตร

	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	คนทำงาน	เครื่องจักรทำงาน	ระยะเวลา (นาที)						หมายเหตุ
				เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด	พิสัย (Range)	
1	ล้างหม้อผสมซอส	○		10	10.1	3.11	6	15	9	
2	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○		20	20.9	3.03	15	25	10	
3	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ตรวจสอบน้ำหนัก	⇨		10	14.0	6.13	5	25	20	
4	ผสมครั้งที่ 1	○	○	20	20.4	2.22	18	25	7	
5	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	15.1	5.40	10	25	15	
6	ผสมครั้งที่ 2	○	○	30	29.4	2.41	25	34	9	
7	เปิดไอน้ำเข้าเครื่องจักรเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 °C		○	90	90.1	3.54	85	96	11	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
8	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที		○	15	15	0.00	15	15	0	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
9	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C		○	120	128.8	15.85	110	160	50	พนักงานติดพักกลางวัน
10	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	10.1	1.20	8	12	4	
11	รอให้ส่วนผสมเย็นถึง 40 °C ปิดวาล์วน้ำและใบกวน		○	90	91.7	4.79	85	100	15	ใช้ระบบอัตโนมัติของเครื่องจักร
12	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	14.7	6.60	8	25	17	
13	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทาง	□		30	32.9	7.13	25	45	20	
14	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨	⇨	30	29.7	4.88	24	40	16	
15	ใช้ผลิตภัณฑ์ขะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และตรวจสอบความเที่ยงตรง	□		10	11	2.31	8	15	7	
16	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	11.6	2.72	7	15	8	
17	วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		20	20.2	3.26	15	25	10	
18	บรรจุซอสลงขวด	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
19	บรรจุหีบห่อ	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
20	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุ	○		40	38.5	4.12	30	45	15	
21	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุหีบห่อ	○		30	29.9	4.63	25	40	15	



รูปที่ 3.10 กราฟแสดงเวลาจริงในขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสมของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



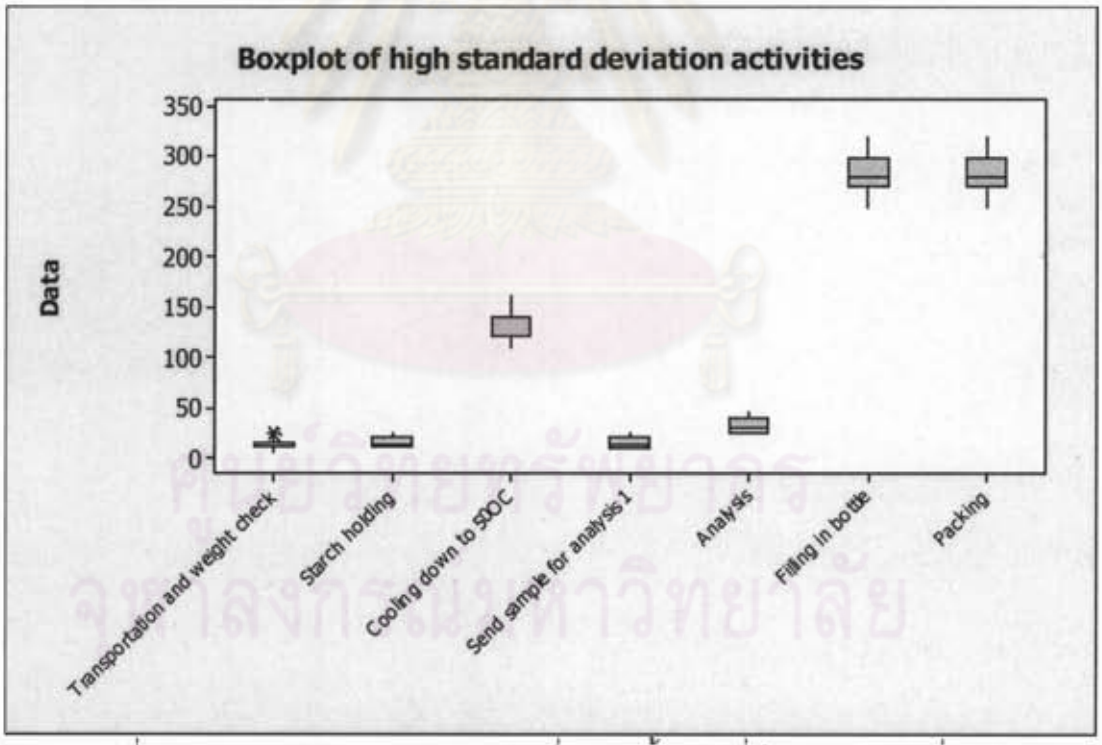
รูปที่ 3.11 Box plot แสดงความคลาดเคลื่อนของเวลาแต่ละขั้นตอนการผลิตจากการเก็บข้อมูลภายใน 10 หม้อผสมของการผสมซอส 3.6 ตัน บรรจุขวด 200 มล.

จากกราฟแสดงเวลาในรูปที่ 3.10 และ Box plot ในรูปที่ 3.11 พบว่า มีขั้นตอนที่มีการคลาดเคลื่อนออกจากเวลามาตรฐานหลายจุด ซึ่งส่งผลให้ให้ค่ากลางของเวลามาตรฐานเปลี่ยนไปด้วย นอกจากนี้ใน Box plot ยังพบจุดที่เป็น outlier อยู่หลายจุดด้วยกัน ทั้งนี้ อาจเกิดเนื่องมาจากจำนวนข้อมูลที่เก็บ 10 batch อาจมีน้อยเกิดไป หรือเกิดจากความคลาดเคลื่อนจริงในกระบวนการผลิต

ในการวิเคราะห์หาที่มาของปัญหาการเวลาการทำงานที่คลาดเคลื่อนออกจากไปจากกระบวนการมาตรฐานสูงในงานวิจัยนี้ จะขอพิจารณาจากขั้นตอนที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงเกิน 5 ซึ่งจะพบว่ามีทั้งหมด 7 กิจกรรมซึ่งได้แก่กิจกรรมตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 3.4 กิจกรรมที่มีเวลาคลาดเคลื่อนสูง

	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	คนทำงาน	เครื่องจักรทำงาน	ระยะเวลา (นาที) เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด	พิสัย (Range)	หมายเหตุ
1	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	▭		10	14.0	6.13	5	25	20	
2	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	15.1	5.40	10	25	15	
3	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C		○	120	128.8	15.85	110	160	50	พนักงานติดพักกลางวัน
4	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	○		10	14.7	6.60	8	25	17	
5	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	○		30	32.9	7.13	25	45	20	
6	บรรจุซองลงขวด	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
7	บรรจุหีบห่อ	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน



รูปที่ 3.12 Box plot แสดงความคลาดเคลื่อนของขั้นตอนที่มีความคลาดเคลื่อนสูง

ผลจากการประเมินความคลาดเคลื่อน มี 7 กิจกรรมจากตารางด้านบนที่มีค่าความผันแปร (Standard Deviation) สูงเกิน 5 ซึ่งทางผู้วิจัยจะนำไปหาสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดสูงและนำไปหาแนวทางแก้ไขต่อไป

บทที่ 4

แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา

4.1 แนวทางการลดความสูญเปล่าตามหลักวิเคราะห์ความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ และหลักการตั้งคำถาม 5W 1H

จากการวิเคราะห์ลักษณะความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตในบทที่ 3 ในบทนี้จะวิเคราะห์ถึงแนวทางการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการพิจารณาถึงแนวทางการลดความสูญเปล่าด้วยหลักการตั้งคำถาม 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS

การตรวจพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H เป็นตัวย่อที่ใช้ถามตนเอง เพื่อการตรวจพิจารณาปัญหาอย่างรอบครอบ ไม่ว่าปัญหานั้นเป็นของงานวิเคราะห์ทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบก็ตาม วิธีนี้จะช่วยสร้างโครงสร้างของแผนงานปรับปรุงในส่วนรายละเอียด เป็นประโยชน์ในเชิงปฏิบัติ ซึ่งจะนำหลักการนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละขั้นตอนของการผลิต เพื่อนำไปวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขต่อไปตามหลัก ECRS เพื่อหาแนวทางลดความสูญเปล่าของแต่ละขั้นตอนต่อไป ลักษณะของตัวอย่างการพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1Hและแนวทาง ECRS ที่ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แสดงเป็นแนวทางดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H และการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS แบบประยุกต์ที่ใช้ในงานวิจัย

ประเภท	5W 1H	ความหมาย	แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS
1. เป้าหมาย	What?	กำลังทำ"อะไร"อยู่ จำเป็นต้องทำหรือไม่	- กำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานออกไปเสีย (Eliminate) - งานที่ทำอยู่สามารถทำรวมกับขั้นตอนอื่นได้หรือไม่ (Combine) - งานที่ทำอยู่สามารถเรียงลำดับไปทำขั้นอื่นได้หรือไม่ (Rearrange)
2. วัตถุประสงค์	Why?	"ทำไม" งานนั้นจึงจำเป็นต้องทำ ควรต้องทำหรือ	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตัวอย่างการวิเคราะห์แบบพิจารณาด้วยคำถาม 5W และ 1H และการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS แบบประยุกต์ที่ใช้ในงานวิจัย

ประเภท	5W 1H	ความหมาย	แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS
3. สถานที่	Where?	ทำงานอยู่"ที่ไหน" ทำไมต้องทำที่นั่น	- กำจัดการโยกย้ายตำแหน่ง หรือการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นต่อการทำงานออกไปเสีย (Eliminate) - สถานที่ที่ทำอยู่สามารถรวมกับสถานที่งานขั้นตอนใกล้เคียงได้หรือไม่ (Combine) - สถานที่ที่ทำอยู่สามารถจัดอยู่ใกล้กับสถานที่งานขั้นตอนใกล้เคียงได้หรือไม่ (Rearrange) - สภาพของสถานที่ทำงานสะดวกต่อการทำงานของพนักงานหรือไม่ (Simplify)
4. ลำดับขั้น	When?	ทำงาน "เมื่อไหร่" ทำไมต้องทำตอนนั้น	- เวลาที่ใช้ในงานนั้นสามารถสั้นกว่านี้ได้หรือไม่ (Eliminate) - ขั้นตอนที่ทำอยู่สามารถทำในเวลาพร้อมกับขั้นตอนอื่นหรือไม่ (Combine) - เปลี่ยนลำดับขั้นของเวลางานใหม่ได้หรือไม่ (Rearrange)
5. คน	Who?	"ใคร" (คนหรือเครื่องจักร) เป็นผู้ทำ และทำไมต้องเป็นคนๆนั้น	- กำจัดคนที่ไม่ทำเป็นหรือไม่ได้ทำงานออกไปเสีย (Eliminate) - สามารถใช้คนหรือเครื่องจักรร่วมกับขั้นตอนอื่นได้หรือไม่ (Combine) - ให้คนอื่นทำงานแทนได้หรือไม่ (Rearrange) - มอบหมายงานตามความสามารถของคน หรือเครื่องจักร (Simplify)
6. วิธีการ	How?	ทำอย่างไร"ทำไม"ต้องทำเช่นนั้น	- งานที่ทำอยู่มีมาตรฐานงานควบคุมหรือไม่ (Rearrange) - งานที่ทำอยู่สามารถทำให้ง่ายกว่านี้ได้หรือไม่ (Simplify)

จากหลักการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.1 ได้ถูกนำมาเป็นกรอบในการวิเคราะห์และระดมสมอง เพื่อหาแนวทางการลดความสูญเปล่าในแต่ละขั้นตอนซึ่งผ่านการวิเคราะห์มาในบทที่แล้ว แนวทางการวิเคราะห์ด้วยคำถาม 5W และ 1H และการวิเคราะห์แนวทางการแก้ไขตามหลัก ECRS แบบประยุกต์ที่ใช้ในงานวิจัย แสดงไว้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. **ขั้นตอนการล้างหม้อผสมซอส**

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย เครื่องจักรไม่ได้ทำงาน

การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการล้างหม้อผสมซอส

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	1.พนักงานล้างหม้อผสมซอสเพื่อกำจัดซอสและคราบอื่นๆที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ผ่านมา 2.พนักงานเก็บภาชนะที่ใช้ในกระบวนการที่ผ่านมาไปที่ห้องล้างภาชนะ	ไม่สามารถตัดขั้นตอนนี้ได้เนื่องจากเกี่ยกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง
Why	เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนที่แล้วสู่ขั้นตอนถัดไป	
Where	ห้องผสมซอส และห้องล้างอุปกรณ์	ทั้งสองห้องนี้อยู่ติดกันจึงไม่มีปัญหาขนย้าย
When	ก่อนเริ่มฆ่าเชื้อหม้อผสม	ไม่สามารถเปลี่ยนเวลาได้
Who	พนักงานห้องผสมซอส	ให้พนักงานทำความสะอาดอุปกรณ์มาทำในจุดนี้แทน และให้พนักงานห้องผสมซอสไปทำงานขั้นตอนต่อไปแทน
How	พนักงานใช้น้ำฉีดไล่คราบพร้อมใช้แปรงและน้ำยาทำความสะอาดขัด	เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกต่อพนักงานอยู่แล้ว

2. **ขั้นตอนการฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส**

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย

การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยความร้อน	ไม่สามารถตัดขั้นตอนนี้ได้เนื่องจากเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยตรง
Why	เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ของหม้อผสมซอส	
Where	ห้องผสมซอส	ไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปห้องอื่นได้
When	ก่อนเริ่มใส่วัตถุดิบลงในหม้อผสมซอส	-
Who	พนักงานห้องผสมซอส, หม้อผสมซอส	-
How	พนักงานเติมน้ำ (อุณหภูมิปกติ) ลงให้หม้อผสมซอสที่ผ่านการล้างแล้ว ประมาณ1/2 ของความจุหม้อ จากนั้นปิดฝาหม้อ และเริ่มให้ความร้อนโดยเปิดไอน้ำเข้าสู่หม้อผสม เมื่ออุณหภูมิในหม้อผสมสูงถึง 80^{o}C ให้ปล่อยน้ำทิ้งออก	ทำให้เร็วและง่ายขึ้นโดยการเปลี่ยนเป็นการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 ^{o}C จะสามารถลดเวลารอได้ แต่ทั้งนี้ทางโรงงานจำเป็นต้องมีหม้อต้มน้ำร้อน และท่อส่งน้ำร้อนไปยังหม้อผสมต่างๆ

3. ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการขนส่ง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ขนย้ายมีเพียงเครื่องเดียว อีกทั้งลักษณะห้องค่อนข้างแคบ การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	-
Why	เคลื่อนจากห้องชั่งวัตถุดิบไปบริเวณหม้อผสม	
Where	จากห้องชั่งวัตถุดิบไปห้องผสมซอส	ควรจัดที่เก็บวัตถุดิบหลังชั่งไว้ที่ห้องผสมซอสเลย หรือจัดผังโรงงานให้เส้นทางการขนย้ายสะดวก
When	ก่อนเริ่มใส่วัตถุดิบลงในหม้อผสมซอส	ผสมวัตถุดิบรวมกันไว้ก่อนล่วงหน้าได้เลยหรือไม่ เพื่อลดจำนวนถุงที่ต้องเคลื่อนย้าย
Who	พนักงานห้องผสมซอส หม้อผสมซอส รถยกมือ	พนักงานห้องชั่งวัตถุดิบย้ายส่วนผสมมาไว้ล่วงหน้า
How	พนักงานเคลื่อนย้ายวัตถุดิบที่พนักงานห้องชั่งเตรียมไว้จากห้องชั่ง มาสู่บริเวณหม้อผสมให้ห้องผสมซอส โดยใช้ รถยกมือในการขนย้าย	-

4. ขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย ไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักร พนักงานรอคอยหัวหน้างาน การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	
Why	เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณและจำนวนที่ใช้	ใช้เครื่องชั่งที่พิมพ์น้ำหนักได้ เพื่อยืนยันน้ำหนักวัตถุดิบที่แท้จริง
Where	ห้องผสมซอส	ควรจัดที่เก็บวัตถุดิบหลังชั่งไว้ที่ห้องผสมซอสเลย หรือจัดผังโรงงานให้เส้นทางการขนย้ายสะดวก
When	ก่อนเริ่มใส่วัตถุดิบลงในหม้อผสมซอส	-
Who	หัวหน้าพนักงานห้องผสมซอส	เป็นพนักงานคนอื่นๆในห้องผสมที่ว่างอยู่เป็นผู้ตรวจสอบแทน

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
How	ตรวจสอบน้ำหนักวัตถุดิบจากป้ายที่เขียนไว้ที่ถุง โดยเทียบกับน้ำหนักตามบันทึกของฝ่ายผลิต	-

5. **ขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1, 2 และ 3**

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการเคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น เช่น เกิดการเคลื่อนไหวในการลากและยกถังบรรจุต่างๆ เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในการเปิดบรรจุภัณฑ์ต่างๆ การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1, 2 และ 3

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	การผสมครั้งที่ 1	-
Why	เพื่อใส่วัตถุดิบลงในหม้อผสมซอส	
Where	ห้องผสมซอส	-
When	ขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1	-
Who	พนักงานห้องผสมซอส หม้อผสมซอส กรรไกร เครื่องมือเปิดปี๊ป	-
How	พนักงาน: เติมน้ำ แกะบรรจุภัณฑ์ และเทส่วนผสมประเภทของเหลวและแป้งลงไปในหม้อผสม เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน	ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงาน และออกแบบเครื่องมือที่สะดวกต่อการทำงาน

6. **ขั้นตอนการกวนผสมแป้ง**

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย ไม่มีการทำงานของพนักงาน พนักงานรอคอยขั้นตอนถัดไป การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการกวนผสมแป้ง

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	ขั้นตอนการกวนผสมแป้ง	-
Why	เพื่อให้เม็ดแป้งบวมตัวก่อนที่จะใส่วัตถุดิบประเภทของแข็ง เพื่อให้แป้งสุกง่าย	
Where	ห้องผสมซอส	-

ตารางที่ 4.7(ต่อ) การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการกวนผสมแป้ง

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
When	ระหว่างขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	1.แช่แป้งในน้ำทิ้งไว้ก่อนล่วงหน้าก่อนขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 2.สลับขั้นตอนกับการผสมครั้งที่ 1
Who	หม้อผสมซอส	-
How	พนักงาน: ไม่ทำงาน เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน	พนักงาน: เทแป้งที่แช่ไว้ในน้ำล่วงหน้าลงหม้อผสม และผ่านขั้นตอนนี้ไปขั้นถัดไป

7. ขั้นตอนการเปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 °C

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น: ความสูญเปล่าจากการรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงานและเกิดการรอคอยขั้นตอนถัดไป การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงในหัวข้อนี้เป็นไปตามตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ 5W 1H และแนวทางการปรับปรุงในขั้นตอนการให้ความร้อน ถึง 85 °C

5W 1H	ความหมาย	แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS
What	ขั้นตอนการให้ความร้อน ถึง 85 °C	พิจารณาว่าสามารถใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 85 °C ได้หรือไม่
Why	เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และทำให้แป้งสุก	
Where	ห้องผสมซอส	-
When	หลังขั้นตอนผสมครั้งที่ 2	-
Who	หม้อผสมซอส	-
How	พนักงาน: เปิดให้ความร้อน เครื่องจักร: ถูกเปิดใบพัดเพื่อกวนส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากัน และไอน้ำถูกเปิดเข้าสู่รอบนอกของเครื่องเพื่อให้ความร้อน	พิจารณาว่าสามารถใช้น้ำร้อนเทเป็นส่วนผสมแทนน้ำอุณหภูมิปกติได้หรือไม่ เพื่อให้อุณหภูมิส่วนผสมสูงตั้งแต่แรก

จากหลักการวิเคราะห์ด้านต้นได้นำมาวิเคราะห์การทำงานในแต่ละขั้นตอนตามตัวอย่างที่กล่าวมาจนครบทั้งหมด 24 ขั้นตอน

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุง ในบางกรณี จำเป็นต้องมีการลงทุนในการปรับปรุงด้านเครื่องจักร หรือการลงทุนด้านเครื่องมือเพิ่มเติม ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์ถึงข้อจำกัดของแต่ละกรณีควบคู่กันไปด้วยเพื่อนำไปขอพิจารณาจากโรงงานและบางแนวทางการปรับปรุงอาจส่งผลให้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายแตกต่างไปจากเดิม

ดังนั้นการก่อนการตัดสินใจการปรับเปลี่ยนกระบวนการจึงต้องทำการทดสอบคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการตามหลักการออกแบบการทดลอง โดยปัจจัยตอบสนองจะถูกเลือกมาจากการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิเคราะห์ด้วยโดยการระดมสมอง เพื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่มีต่อ การทำงานของคน การทำงานของเครื่องจักร วัตถุดิบ/บรรจุภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ประสาทสัมผัส จุลชีววิทยา คุณสมบัติทางเคมี และ คุณสมบัติทางกายภาพ) ซึ่งเป็นเกณฑ์พิจารณาหลัก ตามตัวอย่างในตารางที่ 4.9 โดยที่คะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับคือ คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง มีผลกระทบอย่างรุนแรงซึ่งจำเป็นต้องทดสอบ และพิจารณาในขั้นต่อไป คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง มีผลกระทบบ้างแต่มีมาตรการรองรับแล้ว คะแนนเท่ากับ 0 หมายถึง ไม่ส่งผลกระทบอย่างใด การให้คะแนนจะใช้หลักการลงมติที่เห็นพ้องต้องกันในแต่ละฝ่าย และถ้าผู้เชี่ยวชาญในฝ่ายใดเห็นว่า หัวข้อใดที่ตัวเองรับผิดชอบน่าจะมีผลกระทบ หัวข้อนั้นก็จะถูกตั้งคะแนนเท่ากับ 9 ในทันที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างการพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

แนวคิดการปรับปรุงกระบวนการ	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการต่อ							
					คุณภาพผลิตภัณฑ์			
	การทำงานของคน	การทำงานของเครื่องจักร	วัตถุดิบบรรจุภัณฑ์	สิ่งแวดล้อม	ประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ, สี, กลิ่นรส, รสชาติ)	จุลชีววิทยา	คุณสมบัติทางเคมี (%เกลือ, %ของแข็ง, %โปรตีน, pH)	คุณสมบัติทางกายภาพ (ความหนืด, การละลาย)
การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้างหมักผสมซอส	3 อุปกรณ์ป้องกันพนักงาน	9 ต้องติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	0	3 ระบบระบายอากาศในห้อง	0	9 ต้องทดสอบปริมาณเชื้อที่หลงเหลือ	0	0
ปรับ ลดขั้นตอนการกวนแป้ง	0	0	9 การบวมตัวของเม็ดแป้ง	0	9	0	0	9
การใช้น้ำร้อนอุณหภูมิแทนน้ำปกติในการกระบวนการ	3 อุปกรณ์ป้องกันพนักงาน	9 ต้องติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	0	3 ระบบระบายอากาศในห้อง	9	0	0	9
การลดอุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่า 85 °C	0	0	0	0	9	9	0	9
การลดเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดต่ำกว่า 10 นาที	0	0	0	0	9	9	0	9
ใช้น้ำเย็นเป็นน้ำหล่อเย็นแทนน้ำอุณหภูมิปกติ	0	9 ต้องติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นและทดสอบการอุบตัวของหมักผสม	0	0	0	0	0	0
การผสมครั้งที่ 3 สูงกว่า 50 °C	0	0	9 การระเหยของกลิ่นรสที่อุณหภูมิสูง	0	9	0	0	0
การหยุดการให้ความเย็นสูงกว่า 40 °C	0	0	9 ทดสอบอุณหภูมิของขวดบรรจุที่รับได้	0	0	0	0	0

การให้คะแนน 9 = มีผลกระทบอย่างรุนแรงจำเป็นต้องทดสอบ/พิจารณา 3 = มีผลกระทบบ้างแต่มีมาตรการรองรับแล้ว 0 = ไม่ส่งผลกระทบ

จากแนวทางในการพิจารณาผลกระทบตามตารางนี้ ทำให้สรุปแนวทางการปรับปรุง ข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาและการทดสอบคุณภาพที่จำเป็นก่อนการปรับปรุงกระบวนการตามตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลสรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐาน พร้อมพิจารณาข้อจำกัด และการทดสอบด้านคุณภาพที่ต้องทำก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา	ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนปรับปรุงกระบวนการ
		คน	เครื่องจักร	(นาที)				
ห้องชั่งวัตถุดิบ	ชั่งวัตถุดิบล่วงหน้า 1 วัน	○			-			
ห้องผสมซอส	ล้างหม้อผสมซอส	○		10	การรอคอย ของพนักงานคนอื่น และไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักร	จัดให้พนักงานทำความสะอาดอุปกรณ์มาทำในจุดนี้แทน และให้พนักงานห้องผสมซอสไปทำงานขั้นตอนต่อไป		
	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	20	การรอคอย พนักงานรอเครื่องจักรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนด	ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้าง	ต้องติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	ทดสอบปริมาณเชื้อที่หลงเหลือจากวิธีการทำงานใหม่
	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		5	การขนส่ง อุปกรณ์ที่ใช้ขนย้ายมีเพียงเครื่องเดียว	จัดผังโรงงานให้บริเวณเก็บวัตถุดิบอยู่บริเวณห้องผสมซอส หรือจัดเส้นทางการขนย้ายสะดวก	จัดผังโรงงานใหม่	
	ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		5	การรอคอย ไม่เกิดการทำงานของเครื่องจักรและพนักงาน	1.ให้พนักงานที่ว่างทำแทนหัวหน้างาน 2.ใช้เครื่องชั่งที่พิมพ์น้ำหนักได้ เพื่อยืนยันน้ำหนักวัตถุดิบที่แท้จริง	ซื้อเครื่องชั่งใหม่ที่สามารถพิมพ์ค่าออกมาได้	
	ผสมครั้งที่ 1	○	○	20	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในการเปิดบรรจุภัณฑ์ต่างๆ	1. ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงานให้หยิบใช้สะดวก 2. ออกแบบเครื่องมือที่ง่ายต่อการใช้งาน		
	กวนแป้ง		○	10	การรอคอย ไม่มีการทำงานของพนักงาน	1. นำแป้งแช่น้ำแยกทิ้งไว้ก่อนตั้งแต่ก่อนการผสมครั้งที่ 1 และเทน้ำแป้งที่แช่แล้วลงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 2. สลับขั้นตอนกับการผสมครั้งที่1		ทดสอบการบวมของเม็ดแป้งต่อเวลา การละลาย ความหนืดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10(ต่อ) ผลสรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐานพร้อมพิจารณาข้อจำกัดและการทดสอบด้านคุณภาพที่ต้องทำก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา	ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนปรับปรุงกระบวนการ
		คน	เครื่องจักร	(นาที)				
ห้องผสมซอส	ผสมครั้งที่ 2	○	○	30	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในการเปิดบรรจุภัณฑ์ต่างๆ	1. ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงานให้หยิบใช้สะดวก 2. ออกแบบเครื่องมือที่ง่ายต่อการใช้งาน		
	เปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 °C		○	90	การรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงาน	1. ใช้น้ำร้อนแทนอุณหภูมิปกติ 2. ใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้ได้หรือไม่	พิจารณาการติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา
	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 10 นาที		○	15	การรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงาน	ใช้เวลาน้อยกว่านี้ได้หรือไม่		ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา
	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิปกติ) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง		○	120	การรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงาน	1. ใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่ 2. ใช้น้ำเย็นเป็นน้ำหล่อเย็นแทนน้ำอุณหภูมิปกติ	พิจารณาการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น	ทดสอบทางประสาทสัมผัส ทดสอบอุณภูมิที่เหมาะสมให้การเปิดน้ำเย็นเข้ามาหล่อเย็น
	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	เคลื่อนไหวมากเกินจำเป็น เกิดการหาหยิบเครื่องมือที่ช่วยในทำงาน	ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงาน		
	รอให้ส่วนผสมเย็นถึง 40 °C		○	90	การรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงาน	1. ใช้อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่ 2. ใช้การกำหนดเวลาแทนอุณหภูมิได้หรือไม่		ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ อุณหภูมิที่ขวดบรรจุรับได้
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การขนส่ง เกิดการขนย้ายและสื่อสารหลายขั้นตอน	1. พิจารณาการย้ายเครื่องมือวิเคราะห์ 2. พนักงานห้องผสมเป็นผู้ส่งตัวอย่างเพื่อลดการรอในการขนส่งหลายคน	1. ย้ายห้องวิเคราะห์มาด้านล่าง 2. สร้างลิฟท์ขนของไปด้านบน	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10(ต่อ) ผลสรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐานพร้อมพิจารณาข้อจำกัดและการทดสอบด้านคุณภาพที่ต้องทำก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา (นาที)	ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนปรับปรุงกระบวนการ
		คน	เครื่องจักร					
ห้องปฏิบัติการ	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		30	การรอคอย ของกิจกรรมที่จำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า	ปรับปรุงเครื่องมือวิเคราะห์ให้ทำงานเร็วขึ้น	ซื้อเครื่องมือวิเคราะห์อัตโนมัติแทนการวิเคราะห์แบบเก่า	ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่า และแบบใหม่
ห้องเก็บซอสก่อนบรรจุ	ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		30	การรอคอย (ไม่ใช่กิจกรรมในเส้นทางวิกฤต)			
	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨	⇨	30	การขนส่ง	1. ขยายขนาดท่อส่ง 2. เพิ่มกำลังของเครื่องแรงดัน 3. จัดผังโรงงานให้เครื่องผสมกับถังเก็บ	พิจารณาการปรับท่อ เครื่องแรงดัน และผังโรงงาน	
ห้องบรรจุซอส	ล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ	○		20	การรอคอย (ไม่ใช่กิจกรรมในเส้นทางวิกฤต)			
	ใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายในและ ตรวจสอบความเที่ยงตรง	□	□	10	ข้อบกพร่อง ที่เกิดจากการไล่ท่อ และทดสอบการบรรจุ	กำหนดปริมาณแน่นอนในการทดสอบเพื่อให้ปริมาณของเสียเกิดน้อยที่สุด		ทดสอบปริมาณน้ำที่หลงเหลือในซอส
	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การรอคอย พนักงานไม่ได้ทำงาน	นำเครื่องมือวิเคราะห์ลงมาด้านล่าง		
	วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		20	การรอคอย ของกิจกรรมที่จำเป็นแต่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า	เปลี่ยนหัวข้อการวิเคราะห์จากเกลือเป็นปริมาณของแข็งแทน ซึ่งใช้เวลาเร็วกว่า และเครื่องมือเคลื่อนย้ายสะดวกกว่า		ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่า และแบบใหม่
	บรรจุซอสลงขวด	○	○	280	-			

ตารางที่ 4.10(ต่อ) ผลสรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดเวลามาตรฐานพร้อมพิจารณาข้อจำกัดและการทดสอบด้านคุณภาพที่ต้องทำก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ห้อง	ขั้นตอน	การทำงาน		เวลา (นาที)	ลักษณะความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนปรับปรุงกระบวนการ
		คน	เครื่องจักร					
ห้องบรรจุหีบห่อ	บรรจุหีบห่อ	○	○	280	-			
โกดังสินค้า	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	การขนส่ง (ไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนถัดไปของพนักงานในสายการผลิต)			
	วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา	□		5 วัน	การรอคอย (ไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนถัดไปของพนักงานในสายการผลิต)			
	ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า	▽			-			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการวิเคราะห์ในตารางที่ 4.10 พบว่ามีหลายแนวทางการปรับปรุงกระบวนการที่ต้องทดสอบด้านคุณภาพว่าไม่แตกต่างจากวิธีการปัจจุบันในระดับห้องทดลองก่อนส่งเรื่องไปทางโรงงานเพื่อขอพิจารณาลงทุนปรับปรุง หรือเพิ่มเติมเครื่องจักร หลังจากนั้นผู้ทำการทดลองถึงจะสามารถทดสอบในกระบวนจริงต่อไปได้ แนวทางการปรับปรุงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นไปตามรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

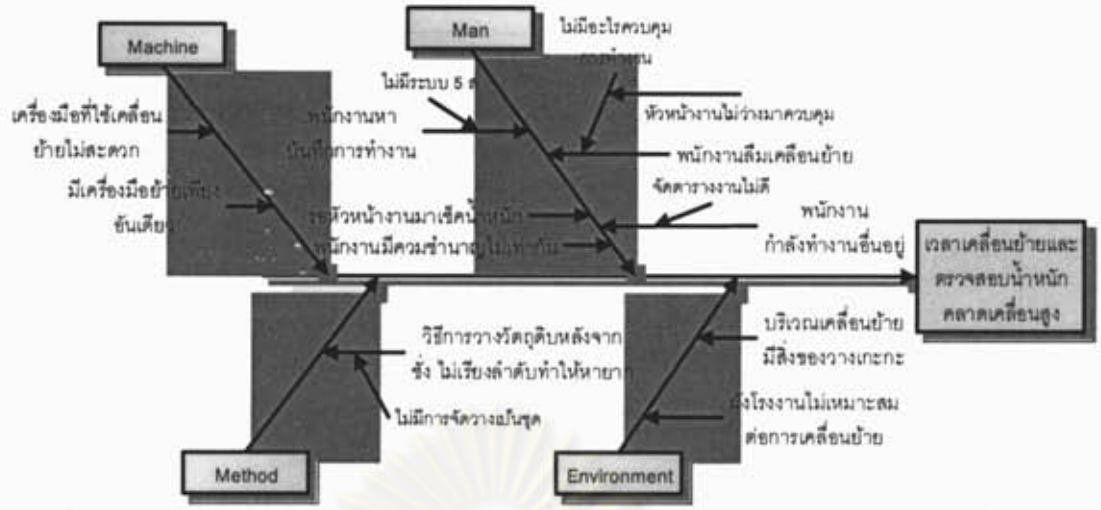
4.2 การวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อนและแนวทางการปรับปรุง

จากการประเมินความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสูงในกระบวนการผลิต ในบทที่ 3.2.2 พบว่ามี 7 หัวข้อที่พบความคลาดเคลื่อนสูงโดยมีค่า Standard deviation สูงกว่า 5 นาทีที่เลือกมาตามตาราง 4.11 ด้านล่าง

ตารางที่ 4.11 กิจกรรมที่มีเวลาคลาดเคลื่อนสูง

	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	คน	เครื่องจักร/งาน	ระยะเวลา (นาที)						หมายเหตุ
				เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด	พิสัย (Range)	
1	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	○		10	14.0	6.13	5	25	20	
2	กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	15.1	5.40	10	25	15	
3	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C		○	120	128.8	15.85	110	160	50	พนักงานติดพักกลางวัน
4	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	○		10	14.7	6.60	8	25	17	
5	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	○		30	32.9	7.13	25	45	20	
6	บรรจุซองลงขวด	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน
7	บรรจุหีบห่อ	○	○	280	282	20.98	250	320	70	พนักงานติดพักกลางวัน

จากกิจกรรมในตาราง เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของเวลาที่สูงเพื่อหาที่มาของปัญหาโดยผู้วิจัยเลือกเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คือแผนผังก้างปลา (Fish bone diagram หรือ Cause and effect diagram) ซึ่งจะพิจารณาตามหัวข้อของ 4M1E ได้แก่ Man Machine Measurement Method และ Environment ตามรูปที่ 4.2 – 4.7 เพื่อเป็นการหาสาเหตุของปัญหาของการทำงานที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงในแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียดเพื่อนำไปหาแนวทางการแก้ไขถึงต้นตอของปัญหาต่อไป

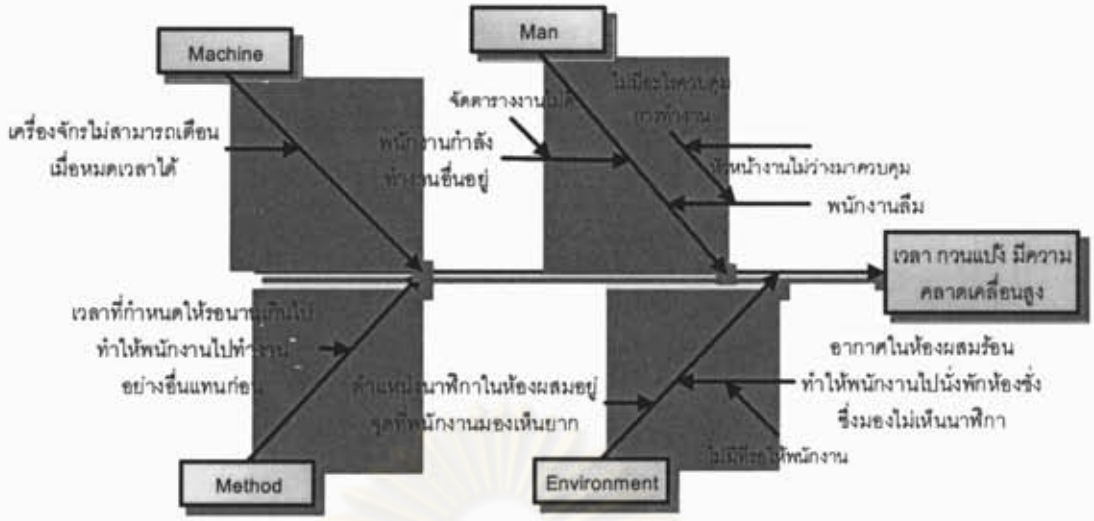


รูปที่ 4.2 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาเคลื่อนย้ายและการตรวจสอบน้ำหนักมีความคลาดเคลื่อนสูง

สาเหตุหลักที่ทำให้เวลาเคลื่อนย้ายและตรวจสอบน้ำหนักมีความคลาดเคลื่อนสูงนั้นมาจากการทำงานของคนเป็นหลัก ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่มาจาก

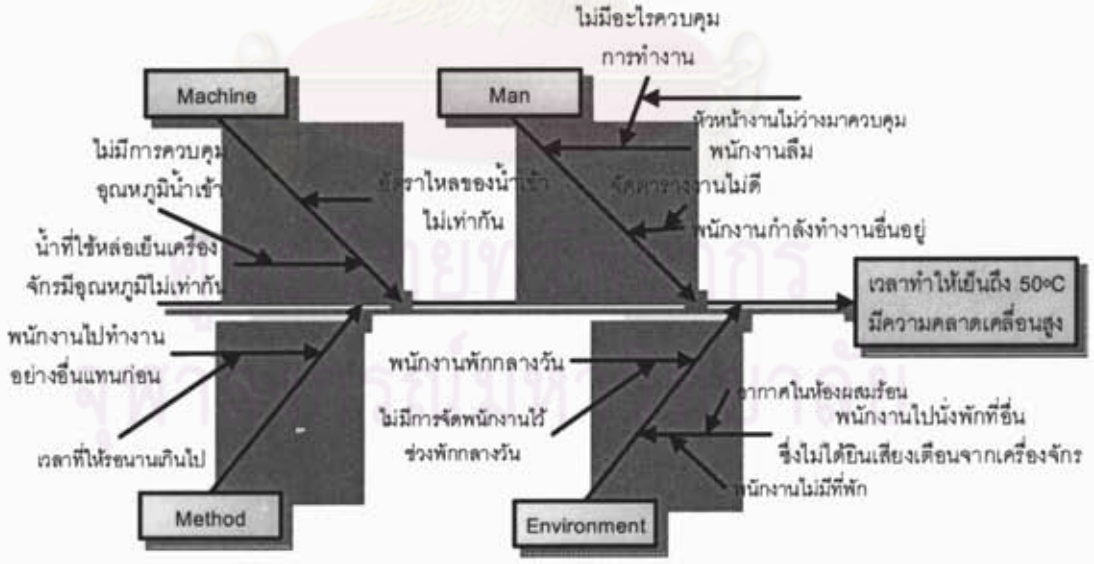
1) พนักงานลืมหรือไม่เปิดดูใบลงเวลา พนักงานบางคนไปทำงานอยู่ที่หม้อผสมอื่นทำให้กำลังคนน้อยกว่าปกติ หรือบางครั้งเกิดการรอหัวหน้างานมาตรวจสอบน้ำหนักทำให้ใช้เวลาสูงกว่าที่ควรจะเป็น
2) เครื่องมือในการควบคุมเวลาการปฏิบัติงาน ใบบันทึกการผลิตซึ่งมีหลายแผ่น เพราะใน1 แผ่นจะจำเพาะต่อ 1 สูตร ส่งผลให้พนักงานต้องเปิดดูแต่ละแผ่น ไม่สามารถดูเป็นภาพรวมทั้งหมดได้ ทำให้การลืมยังเกิดขึ้นอยู่
3) การวางวัตถุดิบหลังจากการชั่งไม่มีระบบ ทำให้ค้นหายากทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาเนื่องมาจากการค้นหา
4) ผังโรงงาน มีช่องทางเดินสำหรับขนย้ายแคบ เคลื่อนย้ายไม่สะดวก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการเคลื่อนย้าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลา กวนแป้งมีความคลาดเคลื่อนสูง

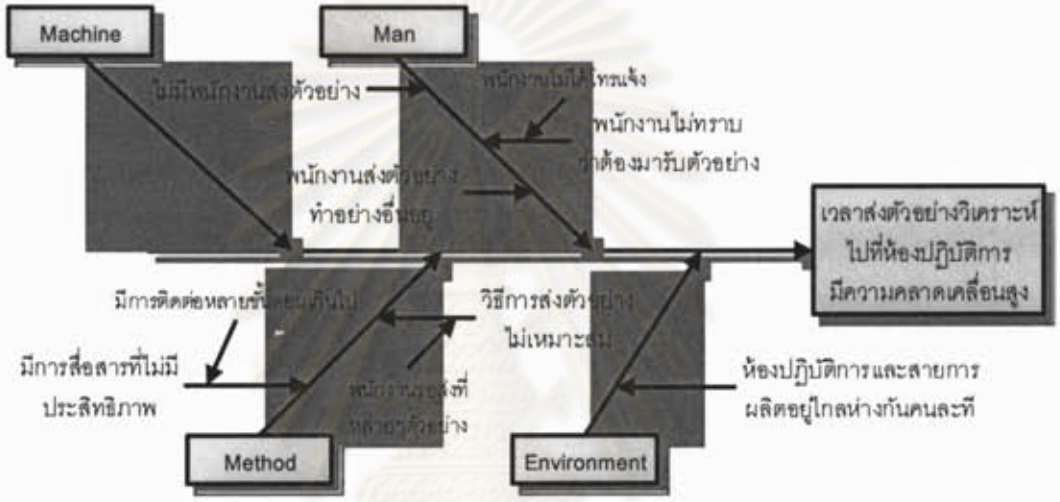
สาเหตุหลักที่ทำให้เวลากวนแป้งมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องมาจาก สูตรที่กำหนดต้องมีเวลากวนแป้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที ดังนั้นพนักงานต้องพักรอช่วงนี้ก่อนทำขั้นต่อไปได้ แต่เวลาที่ต้องค้างนานเกินทำให้พนักงานไปทำงานอย่างอื่นแทนก่อน หรือไปนั่งอยู่ในห้องอื่นเพื่อรอเวลา เนื่องจากห้องผสมซอสไม่มีที่นั่งรอ และมีอากาศร้อน เมื่อหมดเวลาขั้นตอนนี้แล้ว ไม่มีวิธีการเตือนแจ้งพนักงานให้ทราบ และพนักงานไปนั่งอยู่ที่ห้องอื่นที่เย็นกว่าทำให้พนักงานเกิดการลืมได้



รูปที่ 4.4 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาทำให้เย็นส่วนผสมถึง 50 $^{\circ}$C มีความคลาดเคลื่อนสูง

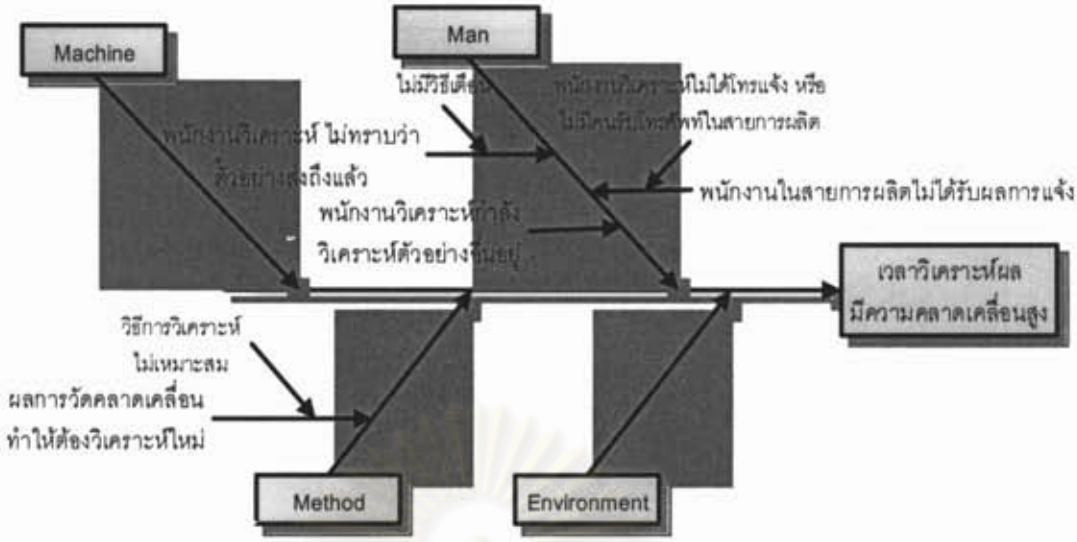
สาเหตุหลักที่ทำให้เวลารอให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C มีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากเวลาช่วงกิจกรรมนี้จะติดกับช่วงพักเที่ยงของพนักงานพอดี ซึ่งทางโรงงานไม่มีการจัดคนสับเปลี่ยนช่วงพักเที่ยง ทำให้เวลาที่ใช้นานเกินไป ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าพนักงานที่พักจะกลับเข้ามาเข้ามาทำงานเพื่อจะทำขั้นตอนต่อไปเมื่อไร

นอกจากนี้น้ำที่ใช้หล่อเครื่องจักรเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นถึงเวลาที่ต้องการ จะใช้น้ำประปาอุณหภูมิปกติ ซึ่งอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะขึ้นกับอุณหภูมิต้นน้ำและอุณหภูมิของห้อง ซึ่งจะแตกต่างกันไปในแต่ละวัน



รูปที่ 4.5 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์ไปที่ห้องปฏิบัติการมีความคลาดเคลื่อนสูง

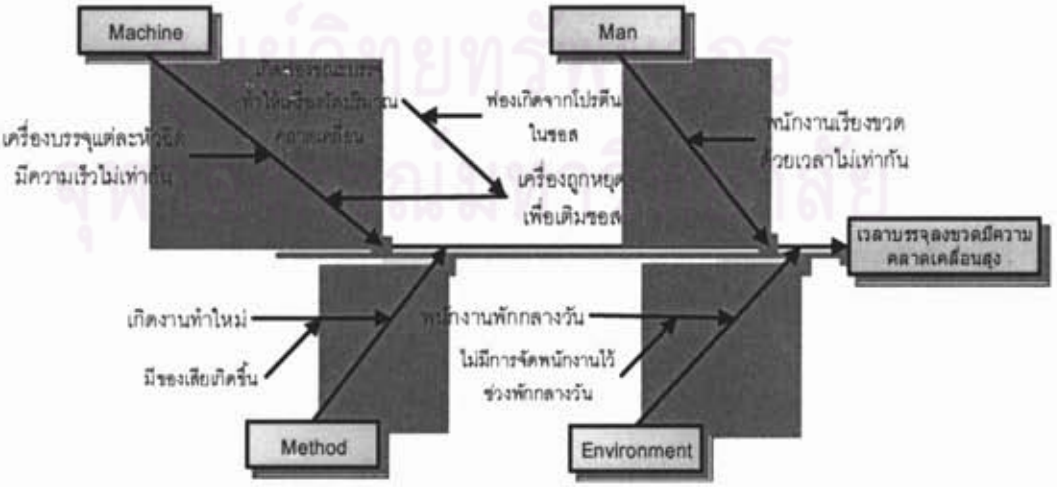
ในขั้นตอนการทำงานก่อนจบกระบวนการผสมซอสจะมีการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ค่าเคมีก่อน เพื่อตรวจสอบค่าต่างๆว่าอยู่ในข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์หรือไม่ ก่อนปล่อยผลิตภัณฑ์ออกจากห้องผสมซอสไปสู่ห้องบรรจุ โดยพนักงานห้องผสมซอสจะเก็บตัวอย่างใส่กระปุกและโทรแจ้งห้องปฏิบัติการที่อยู่ทางชั้นสองของอาคาร หลังจากนั้นตัวอย่างจะถูกวางไว้ที่จุดส่งตัวอย่างและมีพนักงานมารับตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการมารับตัวอย่างไป แต่เนื่องจากข้อมูลถูกส่งหลายทอดเกินไปทำให้เกิดความล่าช้าไม่เท่ากัน และบางครั้งพนักงานส่งตัวอย่างไม่อยู่เพราะต้องไปทำหน้าที่อื่น นอกจากนี้เส้นทางระหว่างห้องปฏิบัติการที่อยู่ชั้นสองและสายการผลิตที่อยู่ด้านล่างอยู่ห่างกันทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาการส่งตัวอย่างสูง



รูปที่ 4.6 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาวิเคราะห์ผลมีความคลาดเคลื่อนสูง

สาเหตุหลักที่ทำให้เวลาการวิเคราะห์ผลมีความคลาดเคลื่อนสูง พนักงานวิเคราะห์ตัวอย่างจะแบ่งหน้าที่การวิเคราะห์ในแต่ละค่า โดยตัวอย่างต้องทำให้เย็นถึงอุณหภูมิ 25°C ก่อนจะวิเคราะห์ได้ โดยปกติจะวิเคราะห์ 2 ครั้งซ้ำกันในแต่ละค่า แต่ถ้าผลวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดไว้ต้องทำการวิเคราะห์ใหม่ ทำให้เวลาอาจต้องใช้นานขึ้นกว่าปกติ นอกจากนี้พนักงานวิเคราะห์มีจำนวนน้อยทำให้อาจติดการวิเคราะห์ตัวอย่างอื่นอยู่

เมื่อพนักงานวิเคราะห์ตัวอย่างเสร็จแล้วจะโทรแจ้งผลไปที่ห้องผสมซอส เพื่อยืนยันผลการปล่อยผลิตภัณฑ์ไปยังขั้นตอนถัดไปได้หรือไม่ บางครั้งไม่มีผู้รับสายที่ห้องผสมซอสเนื่องจากกำลังทำงานอื่นอยู่ส่งผลทำให้การส่งข้อมูลเกิดความล้าช้าไปจากเวลามาตรฐาน



รูปที่ 4.7 แผนผังก้างปลาแสดงที่มาของปัญหาของเวลาบรรจุมีความคลาดเคลื่อนสูง

เวลาบรรจุมีความคลาดเคลื่อนมาจากปัญหาหลักคือ พบปัญหาจากการเกิดฟองที่มาจากซอสทำให้การวัดปริมาตรโดยระบบตรวจจับปริมาตรจากเครื่องบรรจุอัตโนมัติมีความคลาดเคลื่อน ส่งผลให้พนักงานต้องคอยเติมซอสหลังการบรรจุ ถ้าพนักงานเติมไม่ทันก็จะเกิดการหยุดสายการผลิตชั่วคราว นอกจากนี้ยังพบปัญหาที่เกิดจากพนักงานพักกลางวัน และเกิดการทำงานใหม่จากของเสีย

สำหรับห้องบรรจุหีบห่อจะเป็นสายการผลิตต่อเนื่องมาจากห้องบรรจุ ถ้าเวลาในห้องบรรจุคลาดเคลื่อนจะส่งผลให้เวลาในห้องบรรจุหีบห่อคลาดเคลื่อนตามไปด้วย

จากการวิเคราะห์ด้วยแผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram หรือ Fish bone diagram) ตามข้างต้น และเลือกที่มาของปัญหาที่เกิดบ่อยที่สุดจากการเก็บข้อมูลมาภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา สามารถสรุปสาเหตุหลักของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหาตามสาเหตุที่ได้วิเคราะห์มาเป็นไปตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ผลสรุปสาเหตุหลักของปัญหาของเวลาคลาดเคลื่อนสูงและแนวทางแก้ไข

กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต (Critical path activity)		เวลา (นาที)			สาเหตุหลักของปัญหาจากแผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram)	แนวทางการแก้ปัญหา
		เวลามาตรฐาน	เวลาเฉลี่ยในปัจจุบัน	ความผันแปร(SD)		
1	เครื่องย้ายวัตถุดิบตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	10	14.0	6.13	1. พนักงานลืม	สร้างระบบความคุมการทำงานที่ช่วยเตือน
					2. พนักงานรอหัวหน้างานมาตรวจ	ให้พนักงานที่ว่างทำงานแทน
					3. พนักงานไม่พอ เนื่องจากทำงานอยู่ที่จุดอื่น	จัดตารางการทำงาน และพิจารณาจำนวนพนักงานที่เหมาะสม
					4. ผังโรงงานไม่เหมาะสมทางเคลื่อนย้ายแคบ	จัดผังโรงงานใหม่
					5. วิธีการวางของหลังการชั่งไม่เหมาะสม ทำให้หยิบยาก	จัดลำดับการวางสิ่งของโดยเรียงเป็นชุดๆบนพาเล็ทพร้อมทำป้ายบ่งชี้

ตารางที่ 4.12(ต่อ) ผลสรุปสาเหตุหลักของปัญหาของเวลาคลาดเคลื่อนสูงและแนวทางแก้ไข

กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต (Critical path activity)		เวลา (นาที)			สาเหตุหลักของปัญหาจากแผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram)	แนวทางการแก้ปัญหา
		เวลามาตรฐาน	เวลาเฉลี่ยในปัจจุบัน	ความผันแปร(SD)		
2	กวนแป้ง	10	15.1	5.40	1. เวลาที่กำหนดให้รอนานเกินทำให้พนักงานไปทำงานอย่างอื่นแทนก่อน	พิจารณาเวลาที่เหมาะสมของกระบวนการนี้
					2. พนักงานไปนั่งที่ห้องอื่นที่มองเห็นนาฬิกายาก	จัดพื้นที่ให้พนักงานนั่งพักที่เหมาะสม และมีนาฬิกาและสามารถเห็นระบบควบคุมอยู่บริเวณที่พนักงานนั่ง
					3. พนักงานไปนั่งอยู่จุดอื่นเนื่องจากอากาศในห้องผสมร้อน	
					4. เครื่องจักรไม่สามารถร้องเตือนเมื่อหมดเวลาได้	สร้างระบบความคุมการทำงานให้สังเกตุได้ง่าย
3	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้ส่วนผสมเย็นถึง 50 °C	120	128.8	15.85	1. พนักงานติดพักเที่ยง	จัดพนักงานสับเปลี่ยนช่วงพักเที่ยง
					2. น้ำที่ใช้หล่อเย็นขึ้นกับอุณหภูมิอากาศระหว่างวัน	ติดตั้งระบบน้ำหล่อเย็นที่สามารถควบคุมอุณหภูมิเข้าได้
					3. พนักงานไปนั่งอยู่จุดอื่นเนื่องจากอากาศในห้องผสมร้อน	จัดพื้นที่ให้พนักงานนั่งพักที่เหมาะสม
4	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	10	14.7	6.60	1. พนักงานส่งตัวอย่างไม่อยู่ หรือมีไม่พอ	ให้พนักงานในห้องผสมซอสเป็นผู้ส่งตัวอย่างเอง
					2. ปัญหาจากการสื่อสารระหว่างห้อง ผสมซอส และห้องวิเคราะห์	ให้พนักงานในห้องผสมซอสเป็นผู้ส่งตัวอย่างเอง
					3. ห้องผสมซอส และห้องปฏิบัติการอยู่ไกลกัน	1. จัดห้องปฏิบัติการลงมาอยู่ด้านล่างในส่วนผลิต 2. สร้างลิฟท์ส่งตัวอย่างไปชั้น 2

ตารางที่ 4.12(ต่อ) ผลสรุปสาเหตุหลักของปัญหาของเวลาคลาดเคลื่อนสูงและแนวทางแก้ไข

กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต (Critical path activity)		เวลา (นาที)			สาเหตุหลักของปัญหาจากแผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram)	แนวทางการแก้ปัญหา
		เวลามาตรฐาน	เวลาเฉลี่ยในปัจจุบัน	ความผันแปร(SD)		
5	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	30	32.9	7.13	1. พนักงานไม่ทราบว่าตัวอย่างมาถึงแล้ว	ให้พนักงานในห้องผสมซอสเป็นผู้ส่งตัวอย่างเองจัดลำดับตัวอย่างส่ง
					2. ผลวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อนไปจากที่กำหนดไว้ต้องทำการวิเคราะห์ใหม่	พิจารณาการปรับเปลี่ยนเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์
					3. พนักงานวิเคราะห์ตัวอย่างไม่พอ	เพิ่มเครื่องมืออัตโนมัติช่วยในการวิเคราะห์หรือเพิ่มพนักงาน
6	บรรจุซอสลงขวด	280	282	20.98	1. เกิดฟองขณะบรรจุทำให้ต้องหยุดสายการผลิตเป็นระยะถ้าเติมซอสไม่ทัน	ใส่สารป้องกันฟองเพิ่มลงในซอส
					2. พนักงานติดพักเที่ยง	จัดพนักงานสับเปลี่ยนช่วงพักเที่ยง
7	บรรจุหีบห่อ	280	282	20.98	เป็นสายการผลิตต่อเนื่องจากการบรรจุซอสลงขวด	ต้องแก้ปัญหาจากสายการบรรจุซอสลงขวด

จากแนวทางการแก้ปัญหาส่วนใหญ่มาจากการระบบควบคุมกระบวนการทำงานมาตรฐานให้เป็นไปตามเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังมีเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเวลาการทำงานของพนักงาน การติดตั้งระบบหล่อเย็น และจัดผังโรงงานใหม่ ซึ่งจำเป็นต้องศึกษาความเป็นไปได้ของการแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกับทางโรงงาน

สำหรับแนวคิดการใส่สารป้องกันการเกิดฟองเพิ่มลงในซอสเพื่อลดฟองขณะบรรจุ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการบรรจุ ทางผู้วิจัยต้องพิจารณาถึงปริมาณและข้อจำกัดที่สามารถใส่ได้ในซอส และผู้วิจัยต้องทดสอบปริมาณที่เหมาะสมก่อนใส่เพื่อสามารถลดฟองได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ต่างไปจากเดิม

แนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาตามหัวข้อ 4.2 จะทำไปพร้อมกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดค่าเวลามาตรฐานในหัวข้อ 4.1 ดังแนวทางการปรับปรุงที่เสนอไว้ในรูปที่ 4.1 แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 การออกแบบการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงวิธีมาตรฐานในการลดเวลาการผลิตและลดความคลาดเคลื่อนของเวลา

จากการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงด้านการลดเวลาและลดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการผลิตในบทที่ 4.1 และ 4.2 แนวทางการปรับปรุงบางหัวข้อจำเป็นต้องถูกตรวจสอบว่าการปรับปรุงนั้นๆไม่ทำให้ให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไป ดังนั้นผู้วิจัยต้องทำการทดลองในห้องปฏิบัติการตามหลักการออกแบบการทดลองในขั้นถัดไปโดยใช้ผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการวิเคราะห์ในบทที่ 4.1 และ 4.2 เป็นปัจจัยตอบสนองในการทดลองดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ผลสรุปการทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ

ลำดับที่	ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ
1	การฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้าง	ทดสอบการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์โดยวิธีต่างๆ
2	การกวนแป้ง	1.นำแป้งแช่น้ำแยกทิ้งไว้ก่อนตั้งแต่ก่อนการผสมครั้งที่ 1 และเทน้ำแป้งที่แช่แล้วลงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 2. สลับขั้นตอนกับการผสมครั้งที่ 1	ทดสอบการบวมของเม็ดแป้งต่อเวลา ความหนืดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส
3	การเปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C	ในกระบวนการสามารถใช้น้ำร้อนแทนอุณหภูมิปกติได้หรือไม่	ทดสอบการละลาย ทดสอบความหนืดผลิตภัณฑ์ ทางประสาทสัมผัส
4	การเปิดไอน้ำเข้าเครื่องเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C	ในกระบวนการให้ความร้อนสามารถใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา
5	การรักษาอุณหภูมิซอสในหม้อผสมเท่ากับ 85^{o}C เป็นเวลา 10 นาที	ช่วงเวลารักษาอุณหภูมิสามารถใช้เวลาน้อยกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา
6	การทำให้ซอสเย็นถึง 50 ^{o}C	ใช้น้ำเย็นเป็นน้ำหล่อเย็นแทนน้ำอุณหภูมิปกติ	ทดสอบอุณภูมิที่เหมาะสมให้การเปิดน้ำเย็นเข้ามาหล่อเย็น

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ผลสรุปการทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ

ลำดับที่	ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นก่อนปรับปรุงกระบวนการ
7	การทำให้ซอสเย็นถึง 50 °C	ในกระบวนการสามารถหยุดทำให้เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความคงอยู่ของกลิ่นรสที่ระเหยที่อุณหภูมิสูงง่าย)
8	การทำให้ซอสเย็นถึง 40 °C	ในกระบวนการสามารถหยุดทำให้เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และอุณหภูมิที่ขวดบรรจุรับได้
9	การทำให้ซอสเย็นถึง 40 °C	ใช้การกำหนดเวลาแทนอุณหภูมิ	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และอุณหภูมิที่ขวดบรรจุรับได้
10	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	ปรับปรุงเครื่องมือวิเคราะห์ให้ทำงานเร็วขึ้น โดยเปลี่ยนไปใช้เครื่องมือแทนการทำงานของคน	ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่า และแบบใหม่
11	การใช้ซอสไล่ท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และ ตรวจสอบความเที่ยงตรงน้ำหนักการก่อนการบรรจุ	กำหนดปริมาณแน่นอนในการทดสอบ เพื่อให้ปริมาณของเสียเกิดน้อยที่สุด	ทดสอบปริมาณน้ำที่หลงเหลือในซอส
12	วิเคราะห์ค่าเกลือ	เปลี่ยนหัวข้อการวิเคราะห์จากเกลือเป็น ปริมาณของแข็งแทน ซึ่งใช้เวลาเร็วกว่าและเครื่องมือเคลื่อนย้ายสะดวกกว่า	ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่า และแบบใหม่
13	การเกิดฟองในขั้นตอนการบรรจุที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาบรรจุ	เกิดฟองที่คงตัวเนื่องจากโปรตีนในซอส ควรมีการเพิ่มสารกำจัดฟอง	ตรวจสอบกฎหมายอาหาร ทดสอบทางประสาทสัมผัส และทดสอบการบรรจุ

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบด้านคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการในแต่ละหัวข้อดังนี้

4.3.1 การทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้างหม้อผสม

วัตถุประสงค์การทดสอบ: เพื่อทดสอบการอยู่รอดของจุลินทรีย์ด้วยวิธีการล้างแบบใหม่

ปัจจัยนำเข้า: วิธีการล้างแบบวิธีเก่า วิธีการล้างด้วยน้ำร้อนและแช่ค้างไว้ 5 นาที

ปัจจัยตอบสนอง: เชื้อจุลินทรีย์ที่หลงเหลือ (Total plate count, Yeast and Mold)

วิธีการทดสอบ: การทดสอบโดยการป้ายจุดต่างๆในหม้อผสมหลังจากการล้างในแต่ละวิธี แล้วนำไปเพาะเชื้อ (swab test) ทดสอบจุดละ 3 ซ้ำ ทุกวันเสาร์เป็นเวลา 3 วัน

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากการทดสอบการล้างด้วยวิธีต่างๆ เป็นไปดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 จำนวนจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากผลการทดสอบการใช้น้ำร้อนอุณภูมิสูงล้างหม้อผสม

วันที่ตรวจ	ตำแหน่ง	ล้างด้วยวิธีเก่า		ล้างด้วยน้ำร้อน และแช่ค้างไว้ 5 นาที		ล้างด้วยน้ำร้อนและแช่ค้างไว้ 5 นาที เพิ่มหัวฉีดน้ำ	
		TPC (cfu/g)	Y/M (cfu/g)	TPC (cfu/g)	Y/M (cfu/g)	TPC (cfu/g)	Y/M (cfu/g)
วันที่ 1	ภายในถัง	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	ใต้ฝาถัง	<10	<10	110	<10	<10	<10
วันที่ 2	ภายในถัง	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	ใต้ฝาถัง	20	<10	200	<10	<10	<10
วันที่ 3	ภายในถัง	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	ใต้ฝาถัง	70	<10	20	<10	<10	<10

เกณฑ์ข้อกำหนด ค่า TPC (Total Plate Count) <100, Y/M (Yeast and Mold) <10

(หมายเหตุ: เกณฑ์ข้อกำหนดนี้ตั้งตามระบบ GMP ของโรงงาน ที่กำหนดให้ภาชนะสัมผัสอาหารมีค่าเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าหรือเท่ากับข้อกำหนดผลิตภัณฑ์สุดท้าย)

จากการทดสอบพบว่าการล้างด้วยน้ำร้อนและแช่ค้างทิ้งไว้ 5 นาทีสามารถช่วยลดค่าจุลินทรีย์ได้เท่ากับวิธีการล้างแบบเก่าสำหรับบริเวณภายในถัง แต่ใต้ฝาถังบริเวณด้านบนภายในยังมีหลงเหลืออยู่ ผู้วิจัยจึงได้ทดลองติดตั้งหัวฉีดน้ำ (Spray ball) ด้านบนถัง เพื่อให้น้ำร้อนกระจายทั่วถึงซึ่งพบว่าสามารถลดค่าเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ภายในเกณฑ์ข้อกำหนดได้

สรุปผล การล้างถังผสมซอสด้วยน้ำร้อนและแช่ค้างไว้ 5 นาที และเพิ่มหัวฉีดน้ำ สามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ให้อยู่ภายในเกณฑ์ข้อกำหนดได้และใช้แทนการล้างด้วยวิธีเก่าได้

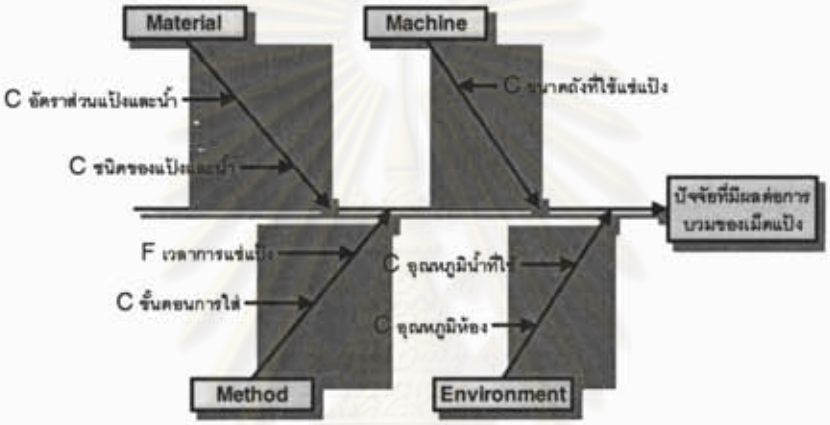
4.3.2 **การทดสอบผลการนำแป้งแช่น้ำแยกทิ้งไว้ก่อนตั้งแต่ก่อนการผสมครั้งที่ 1 และเทน้ำแป้งที่แช่แล้วลงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1**

วัตถุประสงค์การทดสอบ: การหาเวลาที่เหมาะสมในการแช่แป้งในน้ำอุณหภูมิปกติก่อนเทลงในการผสมครั้งที่ 1

ปัจจัยนำเข้า: ระยะเวลาแช่แป้งในน้ำ 0, 5, 10, 15 และ 20 นาที

ปัจจัยตอบสนอง: ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดแป้ง

ปัจจัยควบคุม: การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองเพื่อตั้งแต่ปัจจัยควบคุมโดยการใช้แผนผังก้างปลาพิจารณาตามรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองตามแผนภูมิก้างปลา

โดยที่ C หมายถึง ปัจจัยที่มีผล แต่เป็นปัจจัยควบคุมในการทดลอง

F หมายถึง ปัจจัยที่มีผล และเป็นปัจจัยนำเข้าในการทดลอง

รูปแบบการทดสอบ: ทดสอบสมมุติฐาน โดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เวลาในการแช่แป้งที่แตกต่างกัน

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้เวลาในการแช่แป้งที่แตกต่างกัน

ขั้นที่ 2 จำนวนตัวอย่างในการทดลอง

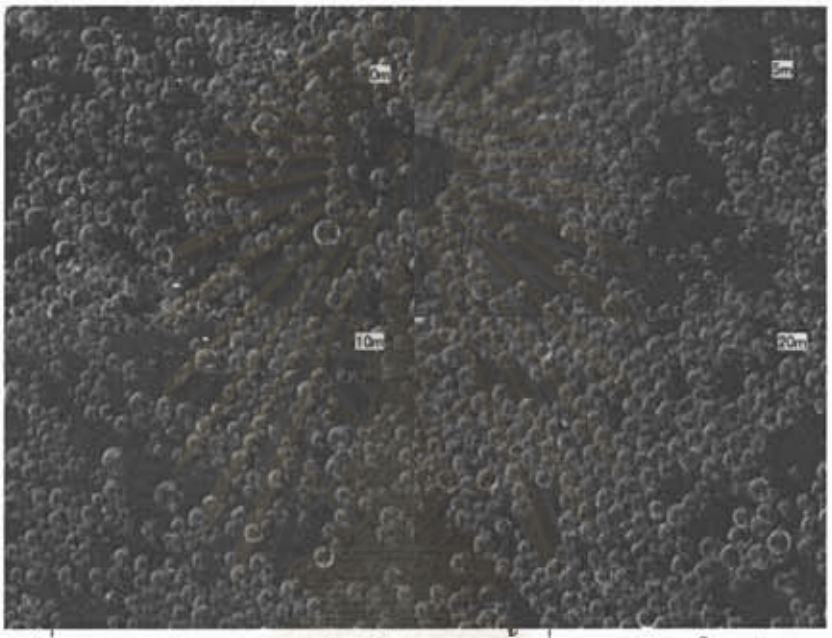
ผลิตตัวอย่างในระดับห้องทดลองการทดลองละ 1 ซ้ำ โดยวัดขนาดเม็ดแป้ง 30 ค่าต่อการทดลอง (เลือกวัด 30 ค่าเพื่อให้ประมาณการกระจายตัวของข้อมูลเป็นแบบปกติตาม Central Limit Theorem)

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ และค่าทดสอบทางสถิติ

ค่าระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95% และใช้ค่าทดสอบ One Way ANOVA test เนื่องจากต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มี 1 ปัจจัยนำเข้าและระดับปัจจัยมีมากกว่า 2 ระดับ

<u>ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง</u>

ผลการทดลองขนาดเม็ดแป้งวัดโดยเครื่องจุลทรรศน์ดิจิตอล กำลังขยาย 700 เท่า และใช้โปรแกรมของเครื่องวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดเม็ดแป้ง ได้ผลดังรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.15



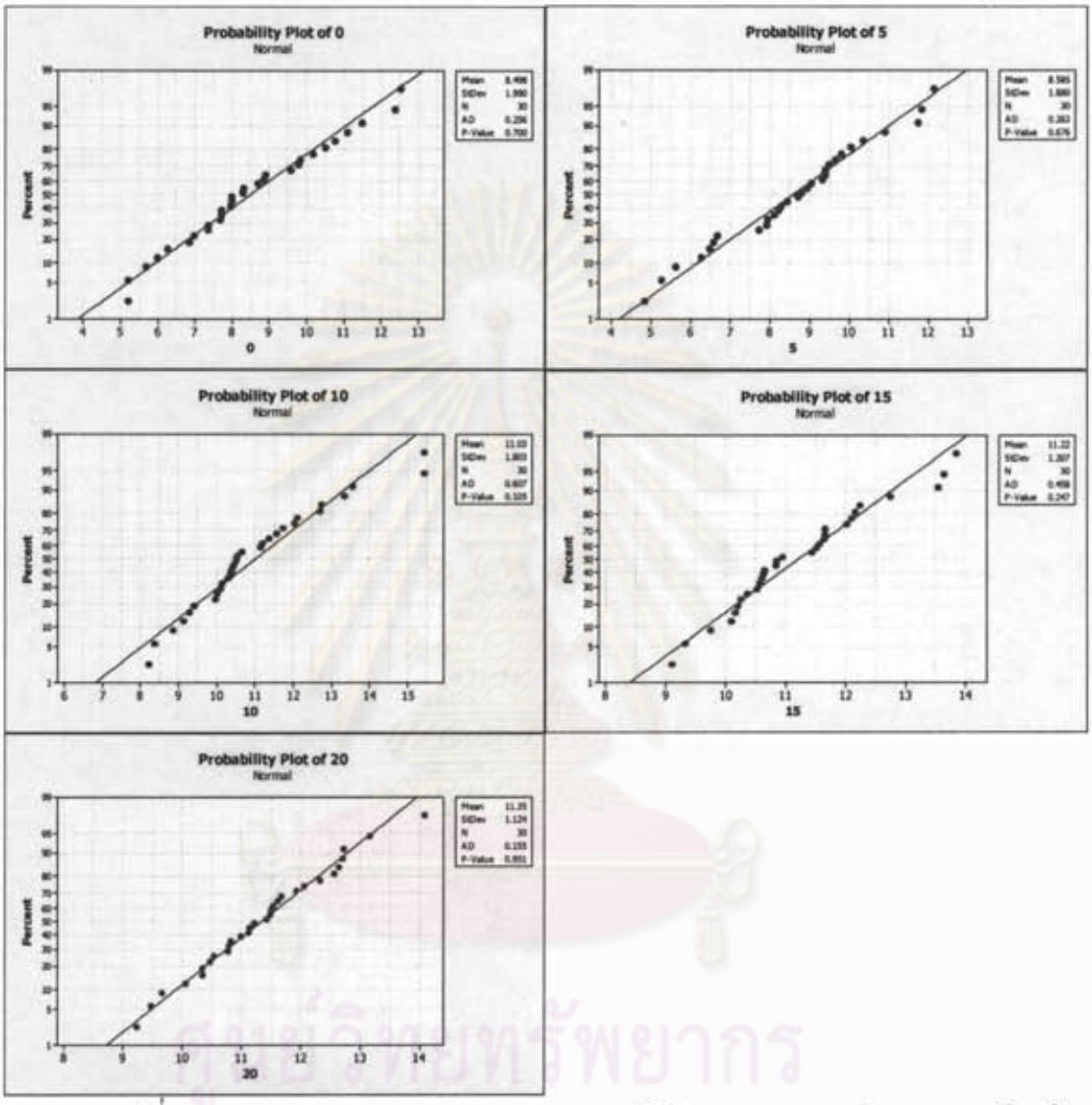
รูปที่ 4.9 การลักษณะของเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C (ซ้าย-บน ขนาดแป้งเมื่อเวลาผ่านไป 0 นาที, ขวา-บน ขนาดแป้งเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที, ซ้าย-ล่าง ขนาดแป้งเมื่อเวลาผ่านไป 10 นาที, ขวา-ล่าง ขนาดแป้งเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที

ตารางที่ 4.15 ขนาดของเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C เมื่อเวลาผ่านไป 0 -20 นาที

เวลา (นาที)	0	5	10	15	20
ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลาง(μm)	8.50	8.59	11.03	11.22	11.35
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(μm)	1.9898	1.8800	1.8029	1.2070	1.1245

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

- ทดสอบข้อมูลจากผลการทดลองว่าแจกแจงปกติหรือไม่ (Nomality test) โดยโปรแกรม MINITAB ได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ผลการทดสอบการทดลองแจกแจงปกติ (Normality plot) ของขนาดเม็ดแป้งขณะแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30°C

จากผลการทดสอบพบว่า ค่า P-value ของทุกผลการทดลองมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (0.05) แสดงว่าผลทดสอบเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งมีการแจกแจงเป็นปกติทุกผลการทดลอง

- ทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)ด้วยโปรแกรม MINITAB

One-way ANOVA: 0, 5, 10, 15, 20

```
Source   DF      SS     MS      F      P
Factor    4  255.46  63.87  23.71  0.000
Error   145  390.50   2.69
Total   149  645.96

S = 1.641   R-Sq = 39.55%   R-Sq(adj) = 37.88%

                              Individual 95% CIs For Mean Based on
                              Pooled StDev
Level   N    Mean  StDev  ----+---------+---------+---------+----
0      30   8.498  1.990  (----*----)
5      30   8.585  1.880   (----*---)
10     30  11.025  1.803                      (----*----)
15     30  11.217  1.207                        (---*----)
20     30  11.348  1.124                         (----*---)
                          ----+---------+---------+---------+----
                            8.4       9.6      10.8      12.0

Pooled StDev = 1.641
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

0 subtracted from:

     Lower  Center  Upper      +---------+---------+---------+---------
5   -1.084   0.087  1.259                (----*-----)
10   1.356   2.527  3.698                          (-----*----)
15   1.548   2.719  3.891                           (-----*----)
20   1.678   2.850  4.021                           (-----*-----)
                          +---------+---------+---------+---------
                        -4.0      -2.0       0.0       2.0

5 subtracted from:

    Lower  Center  Upper      +---------+---------+---------+---------
10  1.268   2.440  3.611                         (-----*-----)
15  1.461   2.632  3.803                          (-----*-----)
20  1.591   2.762  3.934                           (-----*-----)
                          +---------+---------+---------+---------
                        -4.0      -2.0       0.0       2.0

10 subtracted from:

     Lower  Center  Upper      +---------+---------+---------+---------
15  -0.979   0.192  1.364               (-----*-----)
20  -0.849   0.323  1.494                (-----*----)
                          +---------+---------+---------+---------
                        -4.0      -2.0       0.0       2.0

15 subtracted from:

     Lower  Center  Upper      +---------+---------+---------+---------
20  -1.041   0.130  1.302               (-----*-----)
                          +---------+---------+---------+---------
                        -4.0      -2.0       0.0       2.0
```

ผลการทดสอบความแปรปรวนพบว่า ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นผลการทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่เมื่อใช้เวลาในการแช่แป้งที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า confidentl interval และทดสอบโดย Tukey's test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มมีขนาดเท่ากัน ว่าค่าเฉลี่ยจากปัจจัยคู่ใดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพบว่า ค่าเฉลี่ยช่วง 5 นาที มีความแตกต่างกับช่วง 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 6 สรุปผลการทดลอง

ขั้นที่ 6 สรุปผลการทดลอง

เวลาที่เหมาะสมในการแช่แป้งในน้ำอุณหภูมิปกติ (30°C) จากการทดสอบทางสถิติความแตกต่างของขนาดแป้งระหว่างการแช่ที่ 5 นาที และการแช่แป้งที่ 10 นาทีอย่างมีนัยสำคัญ แต่หลังจาก 10 นาทีขึ้นไปแล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นควรกำหนดเวลาในการแช่แป้งแยกไว้ก่อนเทลงในส่วนผสมอื่นๆเป็นเวลา 10 นาที

4.3.3 การทดสอบผลของการใส่น้ำร้อนแทนน้ำปกติในกระบวนการ

วัตถุประสงค์: เพื่อทดสอบว่าการใช้น้ำร้อนเป็นวัตถุดิบแทนน้ำธรรมดาส่งผลต่อกระบวนการกวนแป้งหรือไม่

รูปแบบการทดสอบ: การออกแบบการทดลองแบบ General Full Factorial Design เนื่องจากใช้ปัจจัยนำเข้า 2 ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมีมากกว่า 2 ระดับ เนื่องจากต้องการทราบถึงอันตรกริยาระหว่างทั้ง 2 ปัจจัย และการเปลี่ยนแปลงไม่ใช้แบบเส้นตรง

ปัจจัยตอบสนอง: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง การละลาย

ปัจจัยนำเข้า: ระยะเวลาแช่แป้งในน้ำ และอุณหภูมิน้ำที่ใช้เป็นวัตถุดิบ

ระดับปัจจัย: 1. ระยะเวลากำหนดที่ 0-10 นาที

2. อุณหภูมิปกติของน้ำในการผลิตอยู่ที่ 30°C จนถึงอุณหภูมิน้ำร้อน80°C

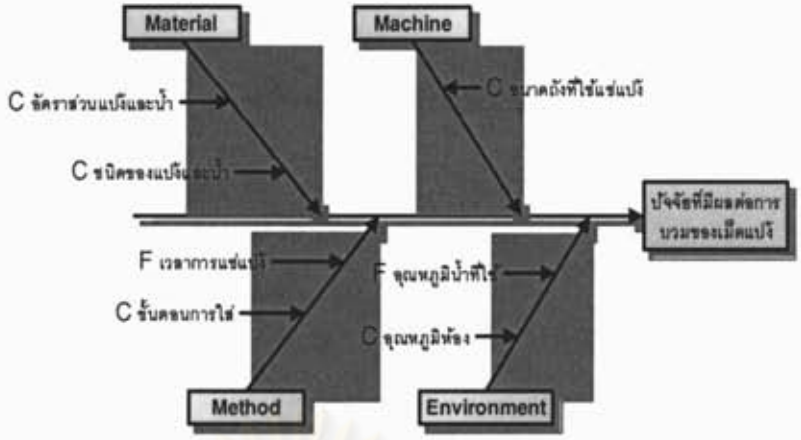
ดังนั้นปัจจัยนำเข้าและระดับปัจจัยเป็นไปตามตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ระดับปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการบวมของเม็ดแป้ง

ปัจจัยที่	ปัจจัยนำเข้า	หน่วย	ระดับของปัจจัย			
1	ระยะเวลา	นาที	0	5	10	-
2	อุณหภูมิน้ำ	°C	30	45	60	80

ปัจจัยควบคุม: การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองเพื่อกำหนดปัจจัยควบคุมโดยการใช้แผนผังก้างปลาพิจารณาตามรูปที่ 4.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองตามแผนภูมิก้างปลาโดยที่

C หมายถึง ปัจจัยที่มีผล แต่เป็นปัจจัยควบคุม

F หมายถึง ปัจจัยที่มีผล และเป็นปัจจัยนำเข้าในการทดลอง

ขั้นตอนการทดสอบ: ขั้นตอนการทดสอบเป็นไปตามรูปที่ 4.12

รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการทดสอบการบวมของเม็ดแป้งต่อเวลาและอุณหภูมิ

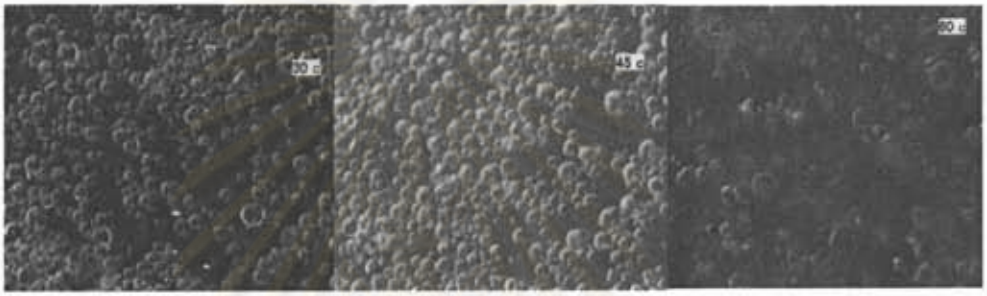
จำนวนครั้งในการทดสอบ ทำการทดลองละ 2 ซ้ำ และวัดขนาดเม็ดแป้ง 10 ค่าต่อ การทดลองเนื่องจาก

ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบพบว่า การเติมน้ำร้อนอุณหภูมิสูงถึง 80 ^{o}C ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ โดยทำให้แป้งจับตัวก้อนและไม่สามารถวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ ดังนั้นในกระบวนการผลิตจริงไม่สามารถเติมน้ำร้อนอุณหภูมิสูงถึง 80 ^{o}C โดยตรงได้ในการกวนแป้ง ผลการทดลองในสภาวะอุณหภูมิและเวลาอื่นๆแสดงในตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองผลของเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง(μm) เมื่อเติมน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ หลังจากการกวนเป็นเวลา 0-10 นาที

อุณหภูมิน้ำ (^{o}C)	เวลาในการกวนแป้งหลังจากเติมน้ำร้อน (นาที)					
	0		5		10	
30	8.50	8.21	9.53	8.59	11.03	11.14
45	10.55	11.08	11.33	11.92	12.55	11.41
60	14.41	14.14	13.95	14.56	14.02	14.32
80	ไม่สามารถวัดค่าได้เนื่องจากแป้งจับตัวเป็นก้อน					

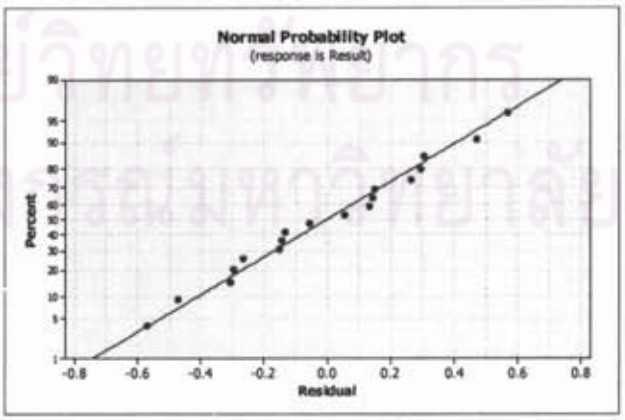


รูปที่ 4.13 การลักษณะของเม็ดแป้งหลังกวนแป้งในน้ำนาน 10 นาทีที่อุณหภูมิต่างๆกัน (ซ้าย-บน ขนาดเม็ดแป้งในน้ำอุณหภูมิ 30 ^{o}C, ขวา-บน ขนาดเม็ดแป้งในน้ำอุณหภูมิ 45^{o}C, ซ้าย-ล่าง ขนาดเม็ดแป้งในน้ำอุณหภูมิ 60 ^{o}C)

<u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

- การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

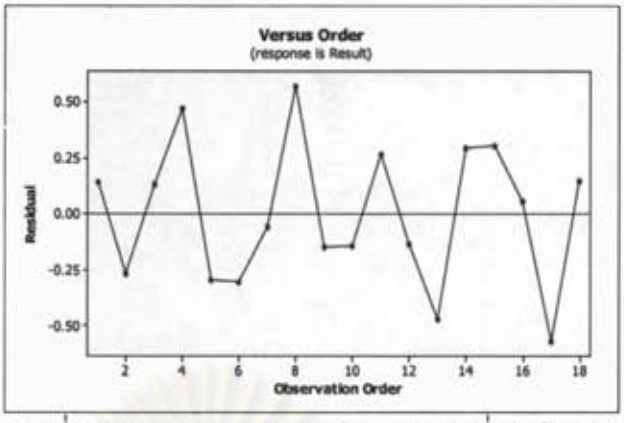
ตรวจสอบสมมติฐานของความเป็นปกติดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 Normal Probability Plot ของเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง

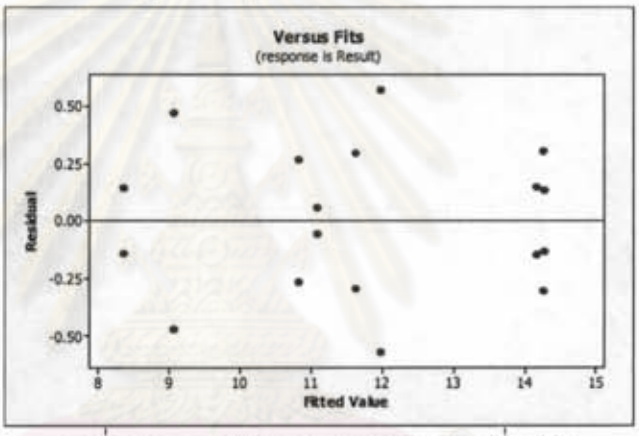
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตรวจสอบส่วนตกค้างตามลำดับเวลาดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 กราฟของส่วนตกค้างกับเวลาที่เก็บข้อมูล

ตรวจสอบส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิตดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 กราฟของส่วนตกค้างกับค่าที่ถูกฟิต

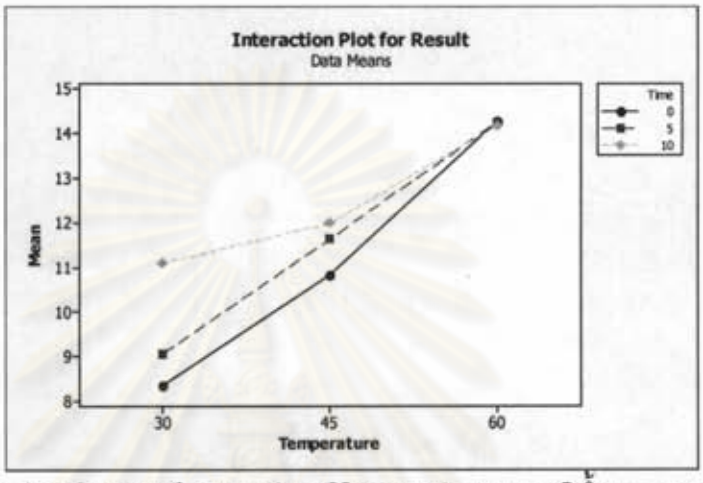
จากผลการตรวจสอบสมมติฐานพบว่าการทดลองมีการแจกแจงเป็นปกติการกระจายเป็นอิสระไม่พบผลลักษณะผิดปกติอันเกิดจากความแปรปรวน ดังนั้นผลการทดลองนี้มีความถูกต้องและนำไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้

- การวิเคราะห์ความแปรปรวน

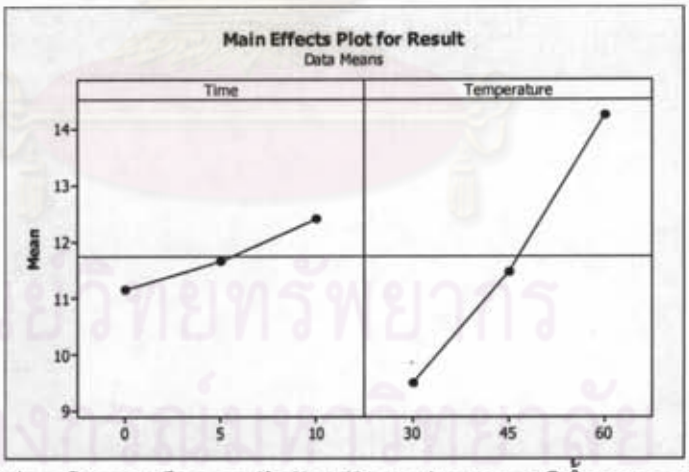
General Linear Model: Diameter versus Time, Temperture

```
Factor     Type Levels Values
Time       fixed      3  0  5 10
Tempertu   fixed      3 30 45 60

Analysis of Variance for Diameter, using Adjusted SS for Tests

Source          DF     Seq SS     Adj SS     Adj MS       F      P
Time             2     4.8591     4.8591     2.4296   12.70  0.002
Tempertu         2    67.8322    67.8322    33.9161  177.29  0.000
Time*Tempertu    4     4.6132     4.6132     1.1533    6.03  0.012
Error            9     1.7217     1.7217     0.1913
Total           17    79.0262
```

จากผลการทดสอบพบว่า ปัจจัยทั้งด้านเวลา และอุณหภูมิของน้ำร้อนมีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดเม็ดแป้งอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้ยังมีอันตรกิริยาที่เกิดการเวลาและอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน กราฟการวิเคราะห์ผลของอันตรกิริยาและผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักแสดงในรูปที่ 4.17 และ 4.18 ตามลำดับ



รูปที่ 4.17 กราฟการวิเคราะห์ผลของอันตรกิริยาระหว่างอุณหภูมิน้ำและเวลาการกวนแป้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง



รูปที่4.18 กราฟการวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลักระหว่างอุณหภูมิน้ำและเวลาการกวนแป้งต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง

จากผลการวิเคราะห์ด้วยกราฟพบว่า อุณหภูมิของน้ำมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแป้งมากกว่าเวลาที่ใช้ในการกวน โดยที่น้ำในอุณหภูมิต่ำ เวลาในการกวนแป้งจะมีผลต่อขนาดแป้งมากกว่าน้ำในอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิน้ำ 60°C เวลาในการกวนแป้งไม่ได้ส่งผลต่อขนาดเม็ดแป้งเลย ดังนั้นถ้าต้องการให้ได้เม็ดแป้งบวมตัวได้

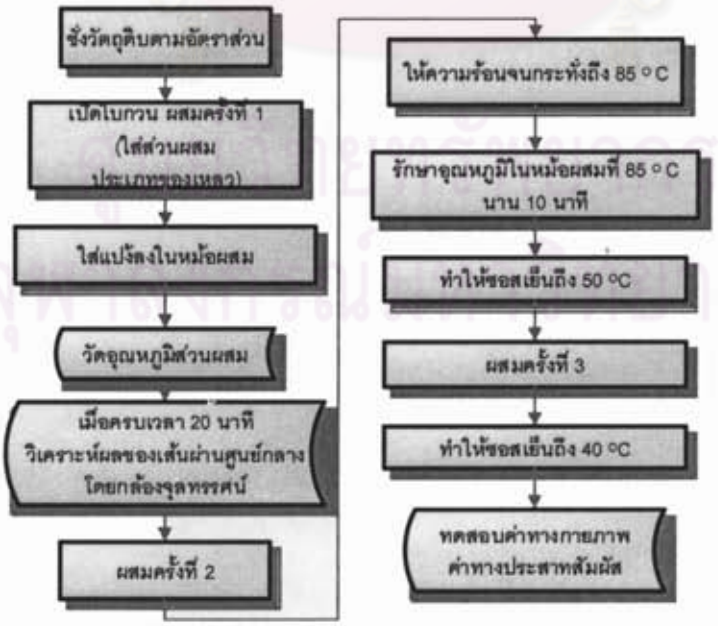
มากที่สุดโดยที่ใช้เวลาน้อยที่สุด ควรใช้น้ำอุณหภูมิที่ 60°C แต่ห้ามอุณหภูมิสูงถึง 80°C เนื่องจากเม็ดแป้งจะจับตัวเป็นก้อน

4.3.4 ทดสอบสลับขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 กับการกวนแป้งและการใช้น้ำร้อนแทนน้ำอุณหภูมิปกติ

จากการเก็บข้อมูลเวลาการทำงานในตารางที่ 3.1 พบว่าเวลาในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 ใช้เวลา 10-20 นาทีซึ่งเท่ากับเวลาที่ใช้กวนแป้งอยู่แล้ว และผลการทดลองในข้อที่ผ่านมาพบว่าการใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลทั้งทำให้เม็ดแป้งบวมตัวเร็วขึ้นจึงสามารถลดเวลาการกวนแป้งลงได้และเมื่อเติมน้ำร้อนลงตั้งแต่แรกจะทำให้อุณหภูมิเริ่มต้นของวัตถุดิบเริ่มต้นสูงขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้ก็ไม่ควรใส่น้ำร้อนอุณหภูมิสูง80°C ลงไปโดนแป้งโดยตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดการสลับขั้นตอนโดยให้พนักงานใส่วัตถุดิบเฉพาะซอสถั่วเหลืองลงไปก่อน จากนั้นให้ใส่แป้งและกวนแป้ง หลังจากนั้นพนักงานกลับมาขั้นตอนผสมครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นการใส่ส่วนผสมของเหลวประเภทอื่นๆลงไปรวมถึงการเติมน้ำลงไป ซึ่งในการทดลองนี้จะทดสอบทั้งการเติมน้ำอุณหภูมิปกติและน้ำร้อน 80°C เพื่อเป็นการยืนยันว่าสามารถปรับกระบวนการได้ จึงควรทดสอบค่าทางกายภาพ (ค่าความหนืด ขนาดแป้งการละลาย) ค่าทางประสาทสัมผัสประซึ่งอาจจะได้รับผลกระทบ ก่อนตัดสินใจปรับกระบวนการ

<u>ขั้นตอนการทดสอบ</u>

1) ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการปกติ



รูปที่ 4.19 ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการปกติ

2) ขั้นตอนการทดสอบกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำปกติ

รูปที่ 4.20 ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 30°C

3) ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 80°C

รูปที่ 4.21 ขั้นตอนการทดสอบในกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 80°C

1) การทดสอบขนาดเม็ดแป้ง

วัตถุประสงค์การทดสอบ: การทดสอบความแตกต่างของขนาดเม็ดแป้งที่วิธีแตกต่างกัน

ปัจจัยนำเข้า: กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ตามรูปที่ 4.19 – 4.21

ปัจจัยตอบสนอง: ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดแป้ง

รูปแบบการทดสอบ: ทดสอบสมมุติฐาน โดยการวัดความแตกต่างของค่าเฉลี่ย

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งจากกระบวนการทั้ง 3 วิธีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งจากอย่างน้อย 1 วิธีมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 2 จำนวนตัวอย่างในการทดลอง

ผลิตตัวอย่างในระดับห้องทดลองการทดลองละ 3 ซ้ำ โดยวัดขนาดเม็ดแป้ง 10 ค่าต่อการทดลอง

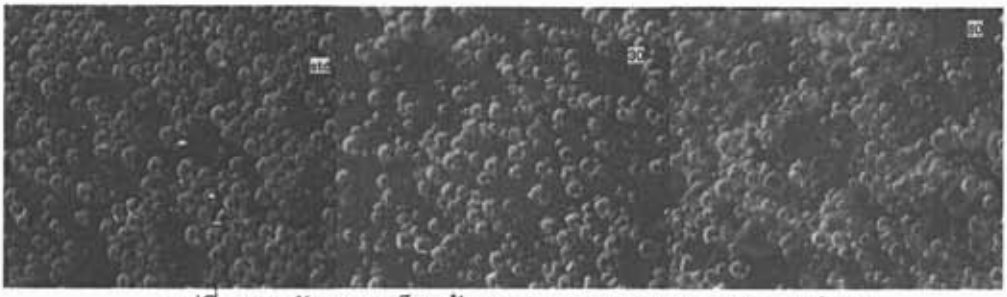
ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ และค่าทดสอบทางสถิติ

ค่าระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95% และใช้ค่าทดสอบ ANOVA test เนื่องจากต้องการทราบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและปัจจัยมีมากกว่า 2 ระดับ

ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งจากการทดลองการปรับเปลี่ยนกระบวนการเป็นไปตามตารางที่ 4.18 และรูปที่ 4.22

ตารางที่ 4.18 ผลการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งจากกระบวนการทดลองแบบต่าง ๆ

รูปแบบกระบวนการ	กระบวนการมาตรฐานปัจจุบัน	กระบวนการใหม่ที่ใช้น้ำอุณหภูมิ 30°C	กระบวนการใหม่ที่ใช้น้ำอุณหภูมิ 80°C
ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้ง (µm)	9.71	10.27	13.27
ค่าความผันแปรSTDEV	1.885	1.398	4.368



รูปที่ 4.22 ลักษณะเม็ดแป้งจากกระบวนการทดลองแบบต่างๆ

(ซ้าย: ลักษณะเม็ดแป้งจากกระบวนการปกติ กลาง : ลักษณะเม็ดแป้งจากกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 30°C ขวา:ลักษณะเม็ดแป้งจากกระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 80°C)

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: STD, 30, 80

```
Analysis of Variance
Source     DF        SS        MS        F        P
Factor      2    219.47    109.74    12.94    0.000
Error      87    737.60      8.48
Total      89    957.08

                                  Individual 95% CIs For Mean
                                  Based on Pooled StDev
Level       N      Mean     StDev  ------+---------+---------+---------+
STD        30     9.714     1.918  (------*-----)
30         30    10.272     1.421     (-----*------)
80         30    13.270     4.443                        (------*------)
                                  ------+---------+---------+---------+
Pooled StDev =     2.912              9.6      11.2      12.8      14.4
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

STD subtracted from:

     Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
30  -1.233   0.558  2.350               (-----*-----)
80   1.765   3.556  5.348                         (-----*-----)
                          ------+---------+---------+---------+---
                             -3.0       0.0       3.0       6.0

30 subtracted from:

    Lower  Center  Upper  ------+---------+---------+---------+---
80  1.206   2.998  4.790                    (-----*-----)
                          ------+---------+---------+---------+---
                             -3.0       0.0       3.0       6.0
```

ผลการทดสอบความแปรปรวนพบว่า ค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ดังนั้นผลการทดสอบค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเม็ดแป้งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญอย่างน้อย 1 คู่ เมื่อใช้เวลาในการแช่แป้งที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาค่า confidential interval โดยการทดสอบด้วยวิธี Tukey's เพื่อหาค่าเฉลี่ยคู่ที่แตกต่างกันพบว่า ค่าเฉลี่ยกระบวนการใหม่ที่ใช้น้ำอุณหภูมิ 80°C มีความแตกต่างกับกระบวนการใหม่ที่ใช้น้ำอุณหภูมิ 30°C และกระบวนการมาตรฐานปัจจุบันอย่างมีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นที่ 6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบพบว่ากระบวนการที่สลับขั้นตอนแต่ใช้น้ำอุณหภูมิปกติที่ 30 ^{o}C ไม่ได้แตกต่างจากวิธีการปกติ ในขณะที่กระบวนการที่สลับขั้นตอนแต่ใส่น้ำร้อน 80^{o}C ส่งผลทำให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้นที่และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้หมายถึงแป้งสุกง่ายขึ้น แต่จะส่งผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายหรือไม่ต้องทดสอบในข้อถัดไป

2) การทดสอบความหนืดในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

วัตถุประสงค์การทดสอบ: การทดสอบความแตกต่างความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่วิธีแตกต่างกัน

ปัจจัยนำเข้า: กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ตามรูปที่ 4.19 – 4.21

ปัจจัยตอบสนอง: ความหนืดผลิตภัณฑ์สุดท้าย (วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer DV–II+ Pro เข็มวัดเบอร์ 61 ความเร็วรอบ 20 rpm)

รูปแบบการทดสอบ: การทดสอบสมมติฐาน โดยใช้การทดสอบ One-way ANOVA เนื่องจากต้องการหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยซึ่งมีเพียง 1 ปัจจัยคือวิธีการผลิต แต่มีมากกว่า 2 ระดับ

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : ค่าเฉลี่ยความหนืดของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการทั้ง 3 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): ค่าเฉลี่ยความหนืดของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการทั้ง3 วิธีมีค่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 2 จำนวนตัวอย่างในการทดลอง

ผลิตตัวอย่างในระดับห้องทดลองตัวอย่างละ 3 ซ้ำ และวัดค่าความหนืดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ

ค่าระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95%

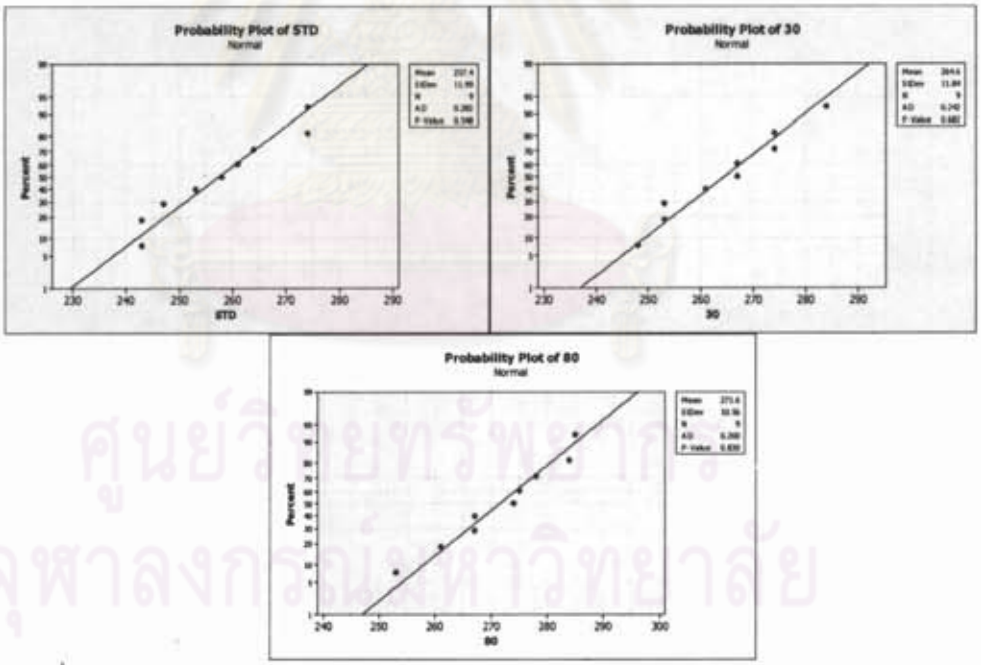
ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง ผลของความหนืดในผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการเป็นไปตามตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 ผลของความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการระบวนการผลิตแบบต่างๆ

จำนวนวัดซ้ำ	ความหนืดผลิตภัณฑ์ (cp)								
	กระบวนการปกติ			กระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำปกติ			กระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ 80°C		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
1	253	274	243	274	253	274	285	278	267
2	274	243	247	253	248	267	275	284	253
3	258	264	261	261	267	284	267	274	261
ค่าเฉลี่ย	262	260	250	263	256	275	276	279	260

ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง

- ทดสอบข้อมูลจากผลการทดลองว่าแจกแจงปกติหรือไม่ (Nomality test) โดยโปรแกรม MINITAB ได้ผลตามรูปที่ 4.23



รูปที่ 4.23 การทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normality test) ผลการทดสอบความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย

จากผลการทดสอบพบว่า ทั้ง3 การกระบวนการที่ถูกทดสอบในห้องทดสองมีการแจงแจงของข้อมูลแบบปกติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

☐ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: STD, 30, 80

```
Analysis of Variance
Source     DF        SS        MS        F        P
Factor      2       828       414     3.25    0.056
Error      24      3052       127
Total      26      3880

                                    Individual 95% CIs For Mean
                                    Based on Pooled StDev
Level      N      Mean     StDev  --------+---------+---------+--------
STD        9    257.44     11.99  (---------*---------)
30         9    264.56     11.84           (---------*---------)
80         9    271.00      9.87                    (---------*---------)
                                    --------+---------+---------+--------
Pooled StDev =    11.28            256.0     264.0     272.0
```

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า P-value มีค่ามากกว่า 0.05 แสดงว่าค่าเฉลี่ยความหนืดของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการทั้ง3 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 6 สรุปผล การปรับกระบวนการทั้ง 3 วิธีตามรูปที่ 4.19 – 4.21 ไม่ส่งผลต่อความหนืดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) การทดสอบการละลาย

วัตถุประสงค์การทดสอบ: เพื่อทดสอบว่าทั้ง 3 กระบวนการไม่ได้ทำให้เกิดการตกตะกอนของก้อนแป้ง

ขั้นตอนการทดลอง: กรองผลิตภัณฑ์จากการทดลองด้วยตะแกรงขนาด 60 mesh

ปัจจัยนำเข้า: ผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ตามรูปที่4.19 – 4.21

ปัจจัยตอบสนอง: ตะกอนที่เหลือติดอยู่บนตะแกรง

ผลการทดสอบ: ไม่พบตะกอนของแป้งที่จับตัวกันเป็นก้อนทั้ง 3 ตัวอย่าง

สรุปผล การปรับกระบวนการตามรูปที่ ไม่ส่งผลการละลายของวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

4) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วัตถุประสงค์การทดสอบ: เพื่อทดสอบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากทั้ง 3 กระบวนการไม่มีความแตกต่างทางด้านประสามสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ)

ขั้นตอนการทดลอง: อ้างอิงวิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) โดยให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วเลือกตัวอย่างที่แตกต่าง 1 ตัวอย่างออกจากตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่าง และเขียนคำตอบลงในเอกสารดังภาคผนวก รูปที่ ข-3

ปัจจัยนำเข้า: ผลิตภัณฑ์กระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ตามรูปที่ 4.19 – 4.21

ปัจจัยตอบสนอง: ความถูกต้องของการเลือกตัวอย่างที่แตกต่างจากผู้ทดสอบ

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ:

ชุดที่ 1 ตัวอย่างที่เหมือนกันคือผลิตภัณฑ์จากกระบวนการปกติ
ตัวอย่างที่ต่างกันคือผลิตภัณฑ์กระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำปกติ

ชนิดตัวอย่าง	A	A	B
หมายเลขสุ่ม	532	197	403

รูปที่ 4.24 ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 1

ชุดที่ 2 ตัวอย่างที่เหมือนกันคือผลิตภัณฑ์จากกระบวนการปกติ
ตัวอย่างที่ต่างกันคือผลิตภัณฑ์กระบวนการใหม่ที่อุณหภูมิน้ำ80^{o}C

ชนิดตัวอย่าง	A	B	A
หมายเลขสุ่ม	965	426	713

รูปที่ 4.25 ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 2

รูปแบบการทดสอบ: วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) (ปราณี, 2547) โดการทดสอบทางสถิติแบบ One-tail binomial test เมื่อโอกาสการตอบถูกต้อง p = 1/3

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : p=1/3 ตัวอย่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): p>1/3 ตัวอย่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 2 จำนวนผู้ทดสอบ: ผู้ชิมที่ผ่านการคัดเลือก 30 คน ตามหลักเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบทดสอบการแยกความแตกต่างโดยรวม ควรใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกแล้ว 20-40 คน (ปราณี, 2547)

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ ค่าระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95%

ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยมจากตัวอย่างที่มาจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) ของตัวอย่างที่มาจากกระบวนการผลิตแตกต่างกัน

ตัวอย่างชุดที่	จำนวนคนที่ตอบถูก	จำนวนคนที่ตอบถูกอย่างน้อยที่สุดที่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%*	ผลการทดสอบ
ชุดที่ 1	8	16	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ชุดที่ 2	10	16	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

*อ้างอิงจากตารางการวิเคราะห์ Binomial Distribution ของ Roessler และคณะ ในภาคผนวก ตารางที่ ข-1

<u>สรุปผล</u>

การปรับกระบวนการตามรูปที่ 4.20 – 4.21 ทั้ง 2 แบบ ไม่ส่งผลการทดสอบประสาทสัมผัสในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

<u>สรุปผลการทดสอบทั้งหมดของการทดลองการปรับกระบวนการจากขั้นตอนปกติและการใช้น้ำอุณหภูมิปกติและน้ำร้อน</u>

จากการทดลองทั้งหมดค่าเฉลี่ยขนาดเม็ดแป้งจากกระบวนใหม่ที่ใส่น้ำอุณหภูมิปกติไม่แตกต่างจากขนาดเม็ดแป้งจากกระบวนปกติอย่างมีนัยสำคัญดังนั้น กระบวนการสามารถสลับขั้นตอนได้ แต่ขนาดเม็ดแป้งที่ได้จากกระบวนการใหม่ซึ่งใส่น้ำร้อน 80°C ลงไปในส่วนผสมส่งผลให้เม็ดแป้งมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งส่งผลแนวทางที่ดีขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิส่วนผสมรวมก่อนให้ความร้อนสูงขึ้นจาก 30°C เป็น 55 °C ซึ่งส่งผลที่ดีต่อการลดเวลาในขั้นตอนการให้ความร้อนถัดไป

ดังนั้นจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเลือกปรับกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามรูปที่ 4.21 คือการสลับการผสมครั้งที่ 1 กับขั้นตอนการกวนแป้งและใส่น้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C

4.3.5 การทดสอบอุณหภูมิ และเวลาการให้ความร้อนที่เหมาะสม

อุณหภูมิ และเวลาการให้ความร้อนเป็นปัจจัยหลักต่อการกำหนดความสุกของแป้ง และการกำหนดการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ดังนั้นการปรับเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดและเวลาการให้ความร้อนในกระบวนการจำเป็นต้องพิจารณาสองสิ่งนี้เป็นอันดับแรก ผลอื่น ๆ ที่

ตามมาจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการอีกคือ ค่าความเข้มของสี ค่าความหนืด และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ในด้านการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิสูงสุดในการให้ความร้อนและกระบวนการจำเป็นต้องทำการทวนสอบปริมาณจุลินทรีย์ที่หลงเหลือจากกระบวนการว่าได้ค่าตามกำหนดก่อนจึงสามารถปรับเปลี่ยนได้ ทั้งนี้การทำการทวนสอบต้องเสียค่าใช้จ่ายในการทำสูงและใช้เวลานาน อีกทั้งจุดนี้เป็นจุดควบคุมวิกฤต (Criticle control point) ด้วย ทางผู้ทำการทดลองจึงขอข้ามการปรับเปลี่ยนจุดนี้ไป

4.3.6 การทดสอบการผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิสูงกว่า 50°C

สาเหตุของการกำหนดให้การผสมครั้งที่ 3 ที่ 50 °C เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผสมขั้นตอนนี้เป็นประเภท แอลกอฮอล์ หรือ กลิ่นรส (Flavor) ที่ใส่เพิ่มเข้ามาในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่ทนต่อความร้อนสูง ซึ่งส่งผลให้เกิดการระเหย สลาย หรือ กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงจากที่ต้องการ

ดังนั้นการทดสอบนี้จึงเน้นไปที่การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์สุดท้าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมครั้งที่ 3 มาที่ 55 °C และ 60 °C

<u>วัตถุประสงค์การทดสอบ</u>: เพื่อทดสอบว่าผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมครั้งที่ 3 จาก 50 °C มาที่ 55 °C และ 60 °C ไม่มีความแตกต่างทางด้านประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ)

<u>ขั้นตอนการทดลอง:</u> อ้างอิงวิธีการทดสอบทางประสาทมาตรฐานแบบ Triangle test (ปราณี, 2547) โดยให้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกมาแล้วเลือกตัวอย่างที่แตกต่าง 1 ตัวอย่างออกจากตัวอย่างทั้งหมด 3 ตัวอย่าง และเขียนคำตอบลงในเอกสารดังภาคผนวกรูปที่ ข-3

<u>ปัจจัยนำเข้า</u>: ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากการผสมครั้งที่ 3 มาที่อุณหภูมิ 50°C 55 °C และ 60 °C

<u>ปัจจัยตอบสนอง</u>: ความถูกต้องของการเลือกตัวอย่างที่แตกต่างจากผู้ทดสอบ

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ:

ให้ผู้ทดสอบเลือกตัวอย่างที่ต่าง 1 ตัวอย่างออกจาก 3 ตัวอย่าง โดยมี2 ชุด

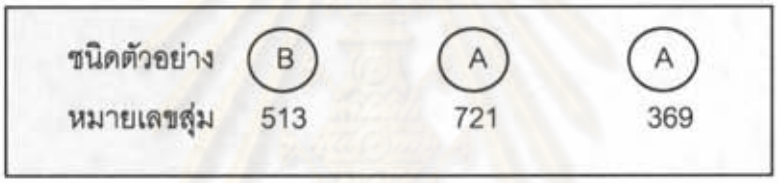
ชุดที่ 1 ตัวอย่างที่เหมือนกันคือ การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 50 °C

ตัวอย่างที่ต่างกันคือ การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 55 °C

รูปที่ 4.26 ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 1

ชุดที่ 2 ตัวอย่างที่เหมือนกันคือ การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 50 °C

ตัวอย่างที่ต่างกันคือ การผสมครั้งที่ 3 ที่อุณหภูมิ 60 °C



รูปที่ 4.27 ลักษณะการจัดวางตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ Triangle test ในชุดที่ 2

รูปแบบการทดสอบ: วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) โดยการทดสอบทางสถิติแบบ One-tail binomial test เมื่อโอกาสการตอบถูกต้อง p = 1/3

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : p=1/3 ตัวอย่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): p>1/3 ตัวอย่างไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 2 จำนวนผู้ทดสอบ: ผู้ชิมที่ผ่านการคัดเลือก 30 คน

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ ค่าระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95%

ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง

ผลการทดสอบ ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยมของตัวอย่างที่มาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมครั้งที่ 3 ที่ต่างกันแสดงในตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test) ของตัวอย่างที่มาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการผสมครั้งที่ 3 ที่ต่างกัน

ตัวอย่างชุดที่	จำนวนคนที่ตอบถูก	จำนวนคนที่ตอบถูกอย่างน้อยที่สุดที่สามารถบอกได้ว่าตัวอย่างแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	ผลการทดสอบ
ชุดที่ 1	6	16	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ชุดที่ 2	13	16	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

*อ้างอิงจากตารางการวิเคราะห์ Binomial Distribution ของ Roessler และคณะ ในภาคผนวกตารางที่ ข-1

<u>สรุปผล</u> สามารถเปลี่ยนกระบวนผสมครั้งที่ 3 จาก 50°C เป็น 60 °C ได้โดยไม่แตกต่างด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.7 การทดสอบการหยุดทำให้เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่า 40°C

เหตุผลที่ต้องทำให้ผลิตภัณฑ์เย็นก่อนการบรรจุ เนื่องจากการบรรจุขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังมีความร้อนสูงอยู่ (Hot filling) จะทำให้เกิดสูญญากาศภายในขวดหลังจากที่ไอน้ำเกิดการควบแน่นลงมาหลังจากผลิตภัณฑ์เย็นตัวแล้ว การบรรจุแบบนี้จะนิยมใช้กับการบรรจุแบบปลอดเชื้อโดยใช้ความร้อน และใช้กับบรรจุภัณฑ์ประเภทรูปทรงแข็งตัวเช่นขวดแก้ว หรือขวดพลาสติกที่ออกแบบมาเฉพาะ ซึ่งจะไม่เหมาะกับการใช้ขวดพลาสติกที่ไม่คงตัว

จากการตรวจสอบจากบริษัทผู้ขายพบว่า ขวดบรรจุสามารถทนระดับความร้อนได้สูงสุดที่ 50-55 °C หากอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้ขวดบรรจุเกิดการผิดรูปได้หลังขั้นตอนการบรรจุ ดังนั้นตัวผลิตภัณฑ์สุดท้ายก่อนบรรจุควรมีอุณหภูมิต่ำกว่า 50 °C ซึ่งทางผู้ทำการทดลองกำหนดให้เท่ากับ 45°C โดยกำหนดให้ใช้อุณหภูมิแทนการกำหนดเวลาเหมือนเดิม

4.3.8 การทดสอบการวิธีการวิเคราะห์ค่าเกลือ แบบปัจจุบัน (แบบวิเคราะห์โดยพนักงาน) เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยเครื่องไตรเตรตอัตโนมัติ (Autotritator)

(เครื่องวัดเกลือ Autotritator จากห้องปฏิบัติการของแผนกวิจัยและพัฒนา เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยคนจากแผนควบคุมคุณภาพ)

วัตถุประสงค์: ต้องการเปรียบเทียบการทดสอบการวิธีการวิเคราะห์ค่าเกลือ แบบปัจจุบันกับวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Autotritator มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

รูปแบบการทดสอบ: การทดสอบสมมติฐานแบบ Pair T-Test เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากวิธีทั้งสองแบบเป็นคู่ และผลการทดลองที่ได้ในแต่ละคู่มีความเกี่ยวเนื่องกัน

ขั้นที่ 1 การตั้งสมมุติฐาน

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) : ค่าเกลือที่ได้จากการวิเคราะห์แบบใช้วิธีแบบปัจจุบันกับวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Autotritator ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สมมุติฐานรอง (Alternative Hypothesis): ค่าเกลือที่ได้จากการวิเคราะห์แบบใช้วิธีแบบปัจจุบันกับวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Autotritator มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ขั้นที่ 2 ขั้นตอนและจำนวนตัวอย่างในการทดลอง

เก็บค่าต่อเนื่องจากการผลิตจริง 10 หม้อผสมมาวัดค่าเกลือทั้ง 2 แบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมและวิเคราะห์ความแปรปรวน

ขั้นที่ 3 กำหนดระดับนัยสำคัญ

ระดับความเชื่อมั่นในการทดลอง = 95%

ขั้นที่ 4 ผลการทดลอง ผลการทดสอบการวิเคราะห์เกลือด้วยวิธีปัจจุบันด้วยพนักงานเทียบกับวิธีไตเตรตด้วยเครื่องโดยการเก็บข้อมูลจาก 10 รอบการผลิตจริงเป็นไปตามตารางที่ 4.22

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 ผลการทดสอบการวิเคราะห์เกลือด้วยวิธีปัจจุบันด้วยพนักงานเทียบกับวิธีไตเตรตด้วยเครื่อง

รอบการผสมที่	%เกลือ (NaCl) (w/w)	
	วิเคราะห์แบบปัจจุบัน (ไตเตรตด้วยพนักงาน)	วิเคราะห์แบบใหม่ (ไตเตรตด้วยเครื่อง)
1	7.26	7.23
2	7.12	7.16
3	7.29	7.28
4	7.26	7.25
5	7.10	7.18
6	7.25	7.22
7	7.21	7.18
8	7.28	7.26
9	7.13	7.16
10	7.28	7.23
ค่าเฉลี่ย	7.218	7.22
SD	0.074	0.043

<u>ขั้นที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

1. ตรวจสอบจำนวนตัวอย่าง (Sample size)

จากตารางที่ 4.22 ความผันแปรรวมจากผลที่เก็บมา 10 รอบการผสมเท่ากับ 0.058 ส่วนต่างที่ต้องการตรวจพบได้เท่ากับ 0.1 เนื่องจาก %เกลือที่กำหนดในข้อกำหนดผลิตภัณฑ์สุดท้ายสำหรับส่งลูกค้า (External specification) ใช้ทศนิยม 1 ตำแหน่ง อำนาจการทดสอบ (Power of test) ที่ต้องการคือ 90%

เมื่อใช้การคำนวน Power and sample size เพื่อหาจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมโดยโปรแกรม MINITAB ตามภาคผนวก ค จะได้จำนวนตัวอย่างที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์การทดสอบ Pair T-test อย่างน้อย 9 ตัวอย่างต่อกลุ่มเพื่อให้ได้ส่วนต่างที่ต้องการตรวจพบตามต้องการและได้อำนาจการทดสอบมากกว่า 90% ดังผลต่อไปนี้

Power and Sample Size

```
2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)
Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference
Alpha = 0.05  Assumed standard deviation = 0.058


            Sample  Target
Difference    Size   Power  Actual Power
       0.1       9     0.9      0.929283

The sample size is for each group.
```

เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการเก็บผลมาแล้ว 10 ครั้งซึ่งมากกว่าขนาดตัวอย่าง (Sample size) ที่คำนวนได้ แสดงว่า จำนวนการทดลองเพียงพอแล้วไม่ต้องทดสอบเพิ่ม

2. วิเคราะห์ทางสถิติ Paired T-test ด้วยโปรแกรม MINITAB

Paired T-Test and CI: Existing, New

```
Paired T for Existing - New

                N      Mean     StDev   SE Mean
Existing       10    7.2180    0.0736    0.0233
New            10    7.2150    0.0428    0.0135
Difference     10    0.0030    0.0403    0.0127

95% CI for mean difference: (-0.0258, 0.0318)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.24  P-Value = 0.819
```

จากผลการทดสอบค่า P-value มากกว่า 0.05 แสดงว่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่าซึ่งเป็นการวิเคราะห์โดยใช้พนักงาน

ขั้นที่ 6 สรุปผล สามารถเปลี่ยนวิธีวิเคราะห์ จากการวิเคราะห์โดยใช้คน เป็นการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องได้โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

4.3.9 **การทดสอบวิธีการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์หลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อสายบรรจุ ระหว่างการวัดค่าเกลือ (วิธีการเก่า) เปรียบเทียบกับ การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำด้วยเครื่องวัด Brix (วิธีการใหม่)**

เนื่องจากท่อบรรจุและถังบรรจุ จำเป็นต้องถูกล้างท่อด้วยน้ำร้อนหลังจากการประกอบเสร็จ เพื่อเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆก่อนการบรรจุ ทั้งนี้หลังจากการล้างท่ออาจมีปริมาณน้ำและไอน้ำหลงเหลือในท่อซึ่งจะไปปนในผลิตภัณฑ์ช่วงแรกได้ ดังนั้นในการบรรจุช่วงแรกจึงจำเป็นต้องใช้ผลิตภัณฑ์ล้างท่อการเริ่มบรรจุจริง ในปัจจุบันใช้การวิเคราะห์ค่าเกลือเพื่อทวนสอบว่าไม่มีน้ำหลงเหลือก่อนการบรรจุจริง

วัตถุประสงค์: ผู้วิจัยต้องการทดสอบว่าการใช้วิธีวิเคราะห์โดยการวัดปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำสามารถบ่งบอกปริมาณน้ำที่หลงเหลือได้แม่นยำเท่าวิธีวัดเกลือหรือไม่

รูปแบบการทดสอบ: การทดสอบสหสัมพันธ์ (Correlation)

ขั้นตอนการทดสอบ: นำซอสตัวอย่างมาเติมน้ำ Reverse osmosis (น้ำประเภทเดียวกับที่ใช้ล้างสายการบรรจุ) ตามปัจจัยนำเข้า และวิเคราห์ต่างๆตามปัจจัยตอบสนอง

ปัจจัยตอบสนอง:

1. ค่าปริมาณความชื้น (% Moisture)
2. ค่าเกลือ (%NaCl)
3. ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Brix)

ทั้งนี้ยึดค่าปริมาณความชื้นซึ่งเป็นการวัดค่าปริมาณน้ำในตัวอย่างโดยตรงเป็นค่าที่ถูกต้อง

ปัจจัยนำเข้า: ปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในซอส

ระดับปัจจัยน้ำเข้า แสดงในตารางที่ 4.23

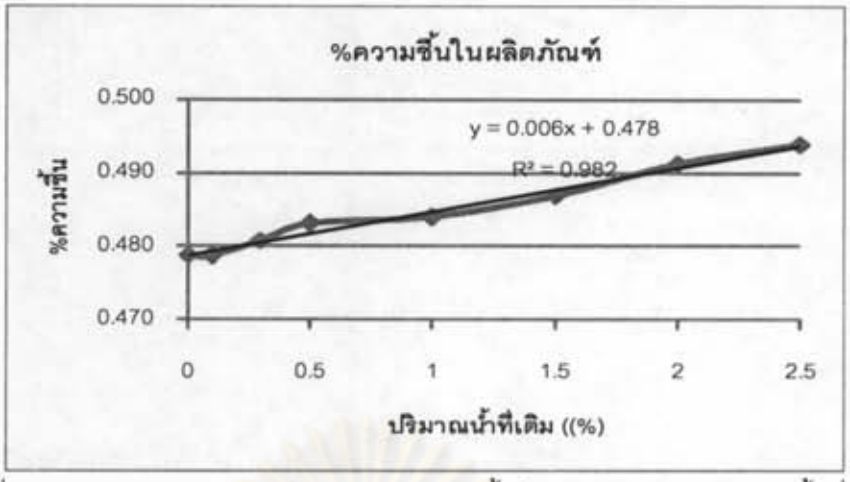
ตารางที่ 4.23 ระดับปัจจัยนำเข้าของปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปในซอส

ตัวอย่างที่	1	2	3	4	5	6	7	8
ปริมาณน้ำที่เติม	0.0%	0.1%	0.3%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	2.5%

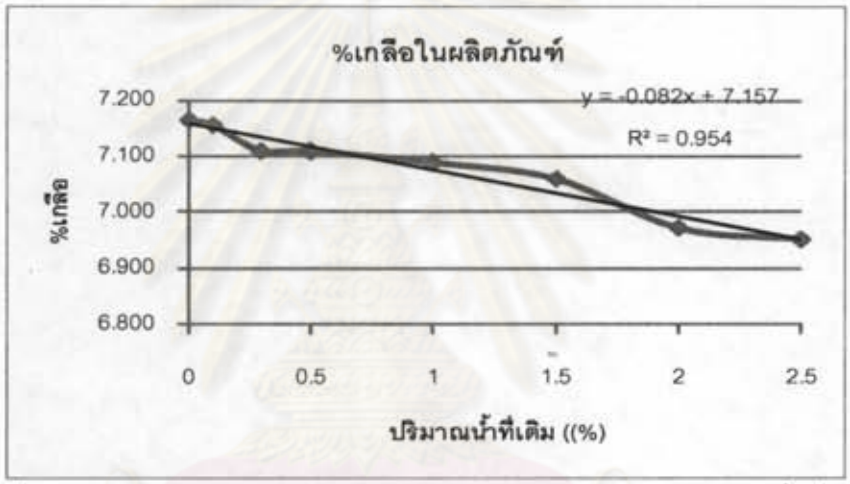
ผลการทดสอบ ผลของค่า%ความชื้น %เกลือ %ของแข็ง เมื่อเติมน้ำตามปัจจัยนำเข้า แสดงดังตารางที่ 4.24 และรูปที่ 4.28 – 4.30

ตารางที่ 4.24 ผลของค่า %ความชื้น %เกลือ %ของแข็ง เมื่อเติมน้ำตามปัจจัยนำเข้า

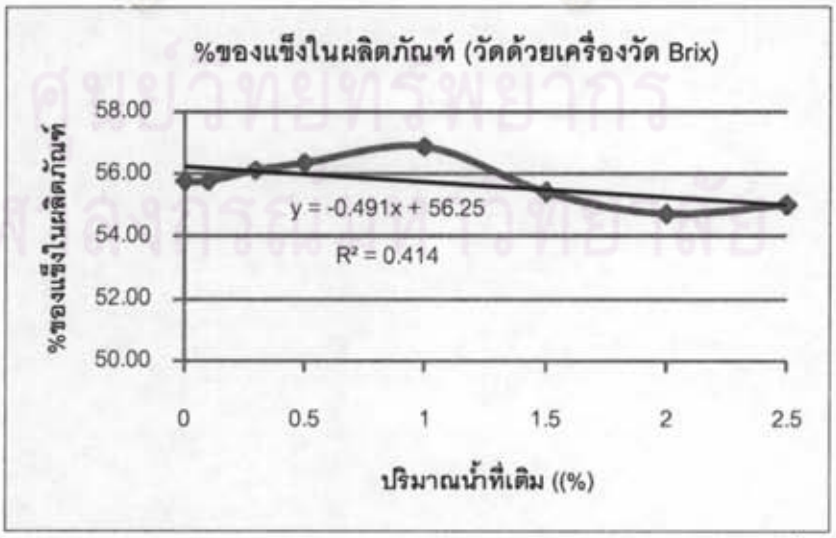
%น้ำที่เติม	%ความชื้น			%เกลือ			%ของแข็ง (Brix)		
	1	2	Avg	1	2	Avg	1	2	Avg
0.0	0.479	0.479	0.479	7.175	7.156	7.166	55.8	55.8	55.80
0.1	0.478	0.479	0.479	7.131	7.180	7.155	55.6	56.0	55.80
0.3	0.480	0.482	0.481	7.098	7.121	7.109	55.7	56.6	56.15
0.5	0.483	0.483	0.483	7.112	7.104	7.108	56.1	56.6	56.35
1.0	0.484	0.484	0.484	7.091	7.084	7.088	57.1	56.7	56.90
1.5	0.488	0.486	0.487	7.060	7.058	7.059	55.1	55.7	55.40
2.0	0.493	0.489	0.491	6.954	6.991	6.973	54.7	54.8	54.75
2.5	0.492	0.496	0.494	6.982	6.925	6.953	54.4	55.6	55.00



รูปที่ 4.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม



รูปที่ 4.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %เกลือในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม



รูปที่ 4.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %ของแข็งในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณน้ำที่เติม

จากผลการทดสอบพบว่า ปริมาณน้ำที่เติมในผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์ กับค่าความชื้นในผลิตภัณฑ์ และค่าเกลือในผลิตภัณฑ์ เนื่องจากค่า R^2>0.8 แต่ปริมาณน้ำที่เติมในผลิตภัณฑ์ในปริมาณน้อยไม่มีความสัมพันธ์กับ %ของแข็งที่ละลายในน้ำในผลิตภัณฑ์เมื่อวัดด้วยเครื่องวัด Brix

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบพบว่า การวัดค่าเกลือสามารถบอกแนวโน้มของน้ำที่ปนอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ แต่ความสามารถในการตรวจจับน้ำที่ปนอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการวัดปริมาณความชื้น แต่การวัดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ไม่สามารถบอกความแตกต่างของน้ำที่ปนอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้อย่างชัดเจน ดังนั้น จึงไม่สามารถเปลี่ยนวิธีการวิเคราะห์เป็นการวัดค่าของแข็งที่ละลายในน้ำได้

4.3.10 การทดสอบการปริมาณซอสที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับล้างท่อก่อนบรรจุจริง

เนื่องจากในปัจจุบันทางโรงงานยังไม่มีการกำหนดปริมาณที่ทิ้งอย่างแน่นอนทำให้เกิดการเสียทั้งปริมาณผลิตภัณฑ์ และเสียทั้งเวลาที่ต้องนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบเพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการกำหนดปริมาณการทิ้งเพื่อประหยัดเวลาและลดของเสียในขั้นตอนนี้

จุดประสงค์: เพื่อการกำหนดปริมาณที่แน่นอนในการทิ้งผลิตภัณฑ์ก่อนบรรจุจริง

ขั้นตอนการทดสอบ: สุ่มตัวอย่างจากท่อบรรจุจากการผลิตจริง ทุกๆ 1 Kg วัดค่าตามปัจจัยตอบสนอง

ปัจจัยตอบสนอง:

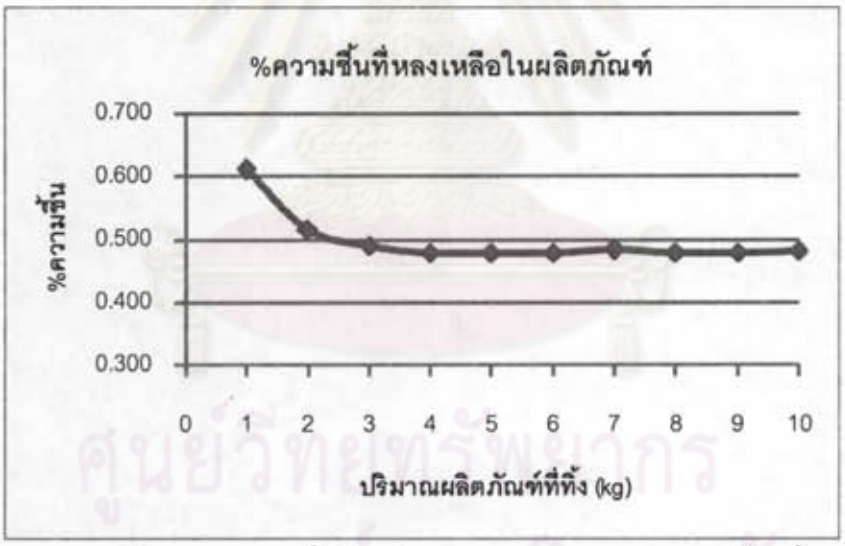
1. ค่าปริมาณความชื้น (% Moisture)
2. ค่าเกลือ (%NaCl)

ปัจจัยนำเข้า: ตัวอย่างที่สุ่มมาจากการผลิตทุกๆ 1 kg ตั้งแต่เริ่มต้นถึง 10 kg

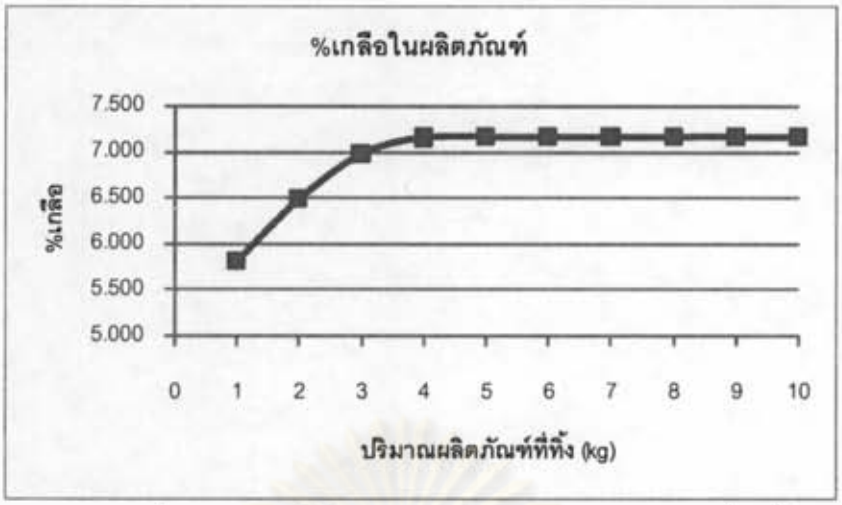
ผลการทดสอบ ผลของค่า % ความชื้น % เกลือ จากตัวอย่างที่ถูกทิ้งออกมาจากท่อ ซึ่งแสดงใน ตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.31-4.32

ตารางที่ 4.25 ผลของค่า %ความชื้น %เกลือจากตัวอย่างที่ถูกทิ้งออกมาจากท่อ

ปริมาณทิ้ง (kg)	%ความชื้น			%เกลือ		
	1	2	Avg	1	2	Avg
1	0.612	0.609	0.611	5.787	5.845	5.816
2	0.524	0.510	0.517	6.215	6.246	6.231
3	0.493	0.487	0.490	6.985	6.971	6.978
4	0.480	0.478	0.479	7.142	7.156	7.149
5	0.482	0.476	0.479	7.151	7.178	7.165
6	0.479	0.478	0.479	7.173	7.159	7.166
7	0.482	0.483	0.483	7.164	7.166	7.165
8	0.478	0.480	0.479	7.159	7.175	7.167
9	0.476	0.482	0.479	7.171	7.163	7.167
10	0.483	0.478	0.481	7.167	7.156	7.162



รูปที่ 4.31 %ความชื้นในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้ง



รูปที่ 4.32 %เกลือในผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ถูกทิ้ง

จากผลการทดลองพบว่าหลังจากใช้ผลิตภัณฑ์ในการกำจัดน้ำที่หลงเหลืออยู่ภายในท่อ พบว่าหลังจากที่ผลิตภัณฑ์ถูกทิ้งไป 5 kg ขึ้นไปมีค่าความชื้นและปริมาณเกลือที่อยู่ในผลิตภัณฑ์คงที่ ซึ่งแสดงว่าไม่มีน้ำจากกระบวนการล้างหลงเหลืออยู่แล้ว ดังนั้นปริมาณเหมาะสมในการใช้ผลิตภัณฑ์ชะภายในท่อก่อนเริ่มการบรรจุจริงเท่ากับ 5 kg

สรุปผลการทดสอบ

ปริมาณที่เหมาะสมในการทิ้งผลิตภัณฑ์ในการไล่ท่อบรรจุควรเท่ากับ 5 kg

4.3.11 การทดสอบการใส่สารยับยั้งการเกิดฟองและทดสอบปริมาณที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์: เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาบรรจุซอสลงขวดอันเกิดจากฟองที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้พนักงานต้องหยุดสายการผลิตเป็นระยะๆเพื่อเติมซอสในถึงปริมาตรที่กำหนด

ปัจจัยนำเข้า: ตัวอย่างที่ผสมสารยับยั้งการเกิดฟอง 0.0, 2.0, 4.0, 6.0 ppm ชื่อทางเคมีของสารยับยั้งการเกิดฟองคือ Silicone oil (dimethylpolysiloxane)

ค่าทางกฎหมายที่กำหนด (อ้างอิงจาก USFDA http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/additives/index.html): ซึ่งกำหนดปริมาณการใส่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 ppm

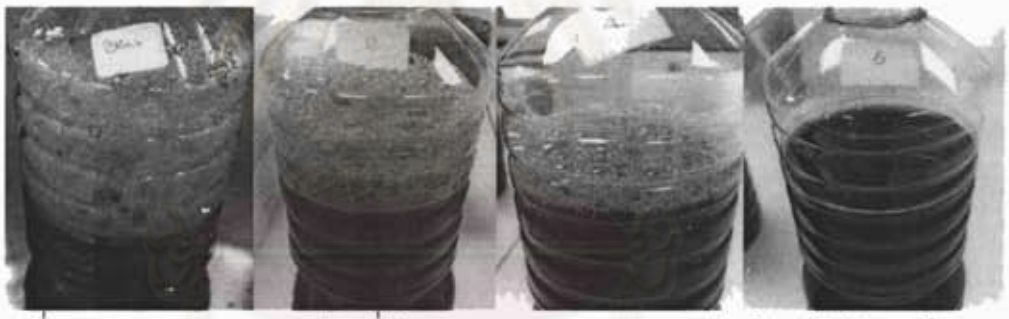
ปัจจัยตอบสนอง: ความสูงของฟองที่เกิดจากการทดลองบรรจุภายในห้องปฏิบัติการ

จำนวนซ้ำ: ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วัดความสูงของฟองหลังการบรรจุทันทีตัวอย่างละ 3 จุดรอบขวดบรรจุ

ผลการทดลอง ความสูงของฟองหลังการบรรจุทันทีในห้องปฏิบัติการแสดงในตารางที่ 4.26 และรูปที่ 4.33

ตารางที่ 4.26 แสดงความสูงของฟองที่เกิดจากการทดลองบรรจุภายในห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างที่	วัดครั้งที่	ปริมาณสารยับยั้งการเกิดฟอง			
		0.0 ppm	2.0 ppm	4.0 ppm	6.0 ppm
1	1	3.40	1.90	1.75	0.00
	2	3.35	2.00	1.70	0.45
	3	3.30	2.10	1.65	0.10
	ค่าเฉลี่ย	3.35	2.00	1.70	0.18
2	1	3.10	2.45	1.55	0.05
	2	3.15	2.65	1.70	0.55
	3	3.00	2.30	1.65	0.00
	ค่าเฉลี่ย	3.08	2.47	1.63	0.20
3	1	3.50	2.00	1.85	0.10
	2	3.55	2.10	1.80	0.30
	3	3.50	2.10	1.85	0.00
	ค่าเฉลี่ย	3.52	2.07	1.83	0.13



รูปที่ 4.33 ภาพความสูงของฟองที่เกิดจากการทดลองบรรจุภายในห้องปฏิบัติการเรียงลำดับปริมาณปริมาณสารยับยั้งการเกิดฟองซ้ายไปขวาที่ 0.0 ppm, 2.0 ppm, 4.0 ppm และ 6.0 ppm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>สรุปผลการทดสอบ</u>

เลือกการใส่สารยับยั้งการเกิดฟอง Silicone oil ที่ 6 ppm เนื่องจากสามารถยับยั้งการเกิดฟองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการทั้งหมดนำมาสรุปตามตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 สรุปผลการทดสอบแนวทางการปรับปรุงในห้องปฏิบัติการ

ลำดับที่	ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ	ผลการทดสอบ
1	การฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้าง	ทดสอบการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิต่างๆ	สามารถทำได้โดยใช้น้ำร้อนอุณหภูมิ 80°C ฉีดล้างผ่าน spray ball 1/4 ถังและค้างไว้ 5 นาที
2	การกวนแป้ง	1 นำแป้งแช่น้ำแยกทิ้งไว้ก่อนตั้งแต่ก่อนการผสมครั้งที่ 1 และเทน้ำแป้งที่แช่แล้วลงในขั้นตอนการผสมครั้งที่ 1 2. สลับขั้นตอนกับการผสมครั้งที่ 1	ทดสอบการบวมของเม็ดแป้งต่อเวลา ความหนืดสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และทดสอบทางประสาทสัมผัส	สามารถสลับขั้นตอนกับการผสมครั้งที่ 1 โดยการใส่ซอสก่อน ตามด้วยแป้งและใส่ส่วนผสมอื่นๆในขั้นตอนผสมที่ 1 ตามลงไป
3	การให้ความร้อน ถึง 85 °C	ในกระบวนการสามารถใช้น้ำร้อนแทนอุณหภูมิปกติได้หรือไม่	ทดสอบ การละลาย และทดสอบทางประสาทสัมผัส	สามารถใช้น้ำร้อนแทนน้ำปกติได้เมื่อเสร็จขั้นตอนการกวนแป้งแล้ว
4	การให้ความร้อน ถึง 85 °C	ในกระบวนการให้ความร้อนสามารถใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา	ยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากต้องทวนสอบเรื่องเชื้อจุลินทรีย์
5	การรักษาอุณหภูมิซอส 85°C เป็นเวลา 10 นาที	ช่วงเวลารักษาอุณหภูมิสามารถใช้เวลาน้อยกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และ จุลชีววิทยา	ยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากต้องทวนสอบเรื่องเชื้อจุลินทรีย์
6	การทำให้ซอสเย็นถึง 50 °C	ใช้น้ำเย็นเป็นน้ำหล่อเย็นแทนน้ำอุณหภูมิปกติ	ทดสอบอุณภูมิที่เหมาะสมให้การเปิดน้ำเย็นเข้ามาหล่อเย็น	จากกระบวนการในห้องปฏิบัติการสามารถใช้น้ำหล่อเย็นได้ตั้งแต่เริ่มขั้นตอน (85°C) แต่ในกระบวนการผลิตจริงทางโรงงานของเริ่มที่ 75°C เพื่อป้องการการยุบตัวของหม้อผสม

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) สรุปผลการทดสอบแนวทางการปรับปรุงในห้องปฏิบัติการ

ลำดับที่	ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ	ผลการทดสอบ
7	การทำให้ซอสเย็นถึง 50 °C	ในกระบวนการสามารถหยุดทำให้เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบทางประสาทสัมผัส (ความคงอยู่ของกลิ่นรสที่ระเหยที่อุณหภูมิสูงง่าย)	สามารถเริ่มผสมครั้งที่ 3ได้ที่ 60°C
8	การทำให้ซอสเย็นถึง 40 °C	ในกระบวนการสามารถหยุดทำให้เย็นที่อุณหภูมิสูงกว่านี้ได้หรือไม่	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และอุณหภูมิที่ขวดบรรจุรับได้	สามารถหยุดการให้ความเย็นได้ที่ 45°C
9	การทำให้ซอสเย็นถึง 40 °C	ใช้การกำหนดเวลาแทนอุณหภูมิ	ทดสอบ ทางกายภาพ ทางประสาทสัมผัส เคมี และอุณหภูมิที่ขวดบรรจุรับได้	ต้องกำหนดเป็นอุณหภูมิเท่ากับ 45°Cเนื่องจากข้อจำกัดด้านการทนความร้อนของขวด
10	วิเคราะห์ค่าเคมีและค่าทางประสาทสัมผัส	ปรับปรุงเครื่องมือวิเคราะห์ให้ทำงานเร็วขึ้น	ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่าและแบบใหม่	วิธีการวัดโดยใช้คนไม่แตกต่างจากการใช้เครื่อง
11	การใช้ซอสไล่ท่อบรรจุเพื่อไม่ให้เหลือน้ำตกค้างภายใน และตรวจสอบความเที่ยงตรงน้ำหนักการก่อนการบรรจุ	กำหนดปริมาณแน่นอนในการทดสอบ เพื่อให้ปริมาณของเสียเกิดน้อยที่สุด	ทดสอบปริมาณน้ำที่หลงเหลือในซอส	ปริมาณเหมาะสมที่จะใช้ผลิตภัณฑ์ล้างท่อบรรจุคือ 5kg
12	วิเคราะห์ค่าเกลือ	เปลี่ยนหัวข้อการวิเคราะห์จากเกลือเป็น ปริมาณของแข็งแทน ซึ่งใช้เวลาเร็วกว่าและเครื่องมือเคลื่อนย้ายสะดวกกว่า	ทดสอบความแตกต่างระหว่างการวิเคราะห์แบบเก่าและแบบใหม่	ไม่สามารถเปลี่ยนเป็นการวิเคราะห์แบบการใช้ของแข็ง

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) สรุปผลการทดสอบแนวทางการปรับปรุงในห้องปฏิบัติการ

ลำดับที่	ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	การทดสอบด้านคุณภาพที่จำเป็นต้องทำก่อนปรับปรุงกระบวนการ	ผลการทดสอบ
13	การเกิดฟองในขั้นตอนการบรรจุที่ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของเวลาบรรจุ	การเพิ่มสารกำจัดฟอง	ตรวจสอบกฎหมายอาหาร ทดสอบทางประสาทสัมผัส และทดสอบการบรรจุ	ควรใช้สารกำจัดฟองที่ 6 ppm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลาทำงาน

จากการพิจารณาถึงสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิตและแนวทางการแก้ไขที่กล่าวไปในหัวข้อที่ 4.2 ระบบการควบคุมการทำงานเป็นหนึ่งในแนวทางที่จะช่วยลดปัญหานี้ได้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ระดมสมองร่วมกับทางโรงงาน และสอบถามความคิดเห็นของพนักงานในสายการผลิต เพื่อหาระบบที่เหมาะสมที่จะควบคุมการทำงานของพนักงานได้ โดยจากการสำรวจความคิดเห็นนั้นได้ข้อกำหนดหลักของระบบควบคุมการทำงานจากทางโรงงานมาดังนี้

1. ต้องเป็นระบบที่ใช้งานได้โดยง่าย เพราะคนใช้งานหลักคือพนักงานระดับปฏิบัติการในสายการผลิต
2. ต้องเป็นระบบที่ไม่เพิ่มภาระงานในคนในสายการผลิต
3. ต้องไม่เป็นการลงทุนสูง
4. ทุกคนสามารถเข้าถึงได้โดยง่ายเพื่อร่วมกันควบคุมการทำงาน

นอกจากนี้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการควบคุมการทำงานได้แก่

1. แผนการผลิตประจำวันพร้อมเวลาเริ่มต้นและจบที่แน่นอนตามเวลามาตรฐาน
2. ลำดับขั้นตอนย่อยในการผลิตชอสแต่ละชนิดพร้อมเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้
3. ช่องสำหรับบันทึกเวลาที่เกิดขึ้นจริง
4. ความเชื่อมโยงกับห้องผลิตอื่นๆ

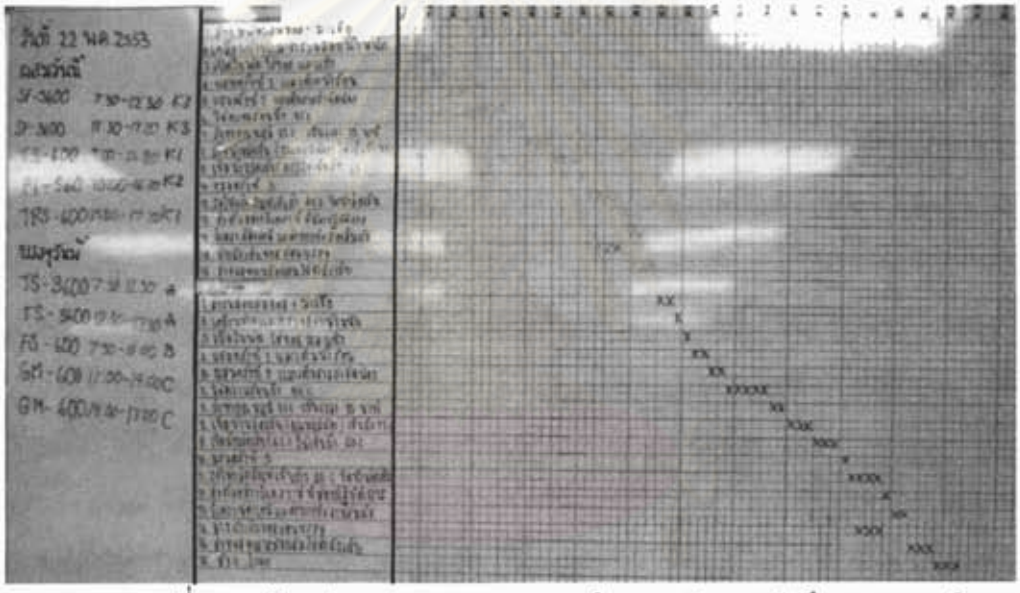
จากข้อมูลเหล่านี้ ทางผู้วิจัยและทางโรงงานมีแนวคิดจัดทำเป็นกระดานสำหรับควบคุมการผลิตในรูปแบบการควบคุมโดยการมองเห็น (Visual control) ตามตัวอย่างตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ตัวอย่างแนวคิดกระดานควบคุมการปฏิบัติงานโดยการมองเห็น

วันที่.....	กิจกรรม		7:00 น.	8:00 น.	9:00 น.	10:00 น.	11:00 น.
งานห้องผสม		แผน					
1.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
2.....เวลา.....		แผน					
3.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
4.....เวลา.....		แผน					
5.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
6.....เวลา.....		แผน					
		ปฏิบัติ					
		แผน					
งานห้องบรรจุ		ปฏิบัติ					
1.....เวลา.....		แผน					
2.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
3.....เวลา.....		แผน					
4.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
5.....เวลา.....		แผน					
6.....เวลา.....		ปฏิบัติ					
		แผน					
		ปฏิบัติ					

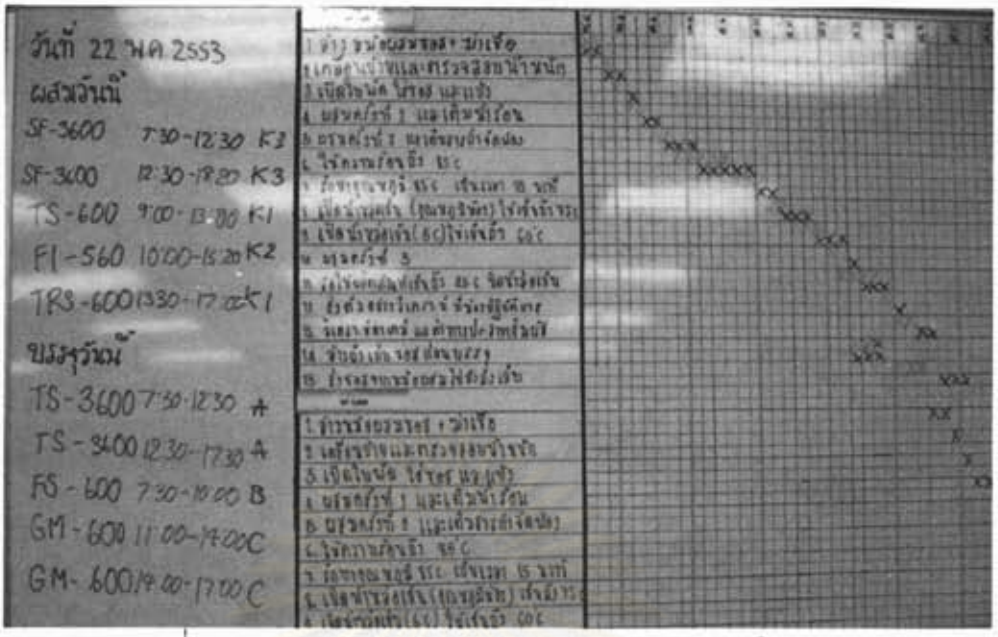
แนวทางการใช้กระดานการควบคุมการทำงานในตารางที่ 4.28 เริ่มจาก ในเริ่มต้นของวัน หัวหน้างานจะมาเขียนงานที่ต้องทำทั้งหมดในวันนี้ในช่องซ้ายมือสุดพร้อมทั้งเขียนช่วงเวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดตามเวลามาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ ต่อมา ช่องกลางจะเขียนลำดับกิจกรรมในแต่ละรอบการผลิต เรียงตามลำดับลงมา ส่วนในช่องขวามือสุดจะเขียนกำหนดช่วงเวลาที่เป็นแผนในแต่ละกิจกรรมโดยการใช้ X สีแดง เพื่อให้พนักงานทุกคนทราบลำดับงานตัวเอง และเป็นการควบคุมเวลาร่วมกัน และเมื่อพนักงานทำเสร็จแต่ละขั้นตอนก็ให้มาลง X สีน้ำเงินในช่วงเวลาที่ได้ปฏิบัติจริงในช่องปฏิบัติ โดยกระดานนี้จะถูกติดไว้ทั้งห้องผสมซอส และห้องบรรจุ

หลังจากการออกแบบรูปแบบเครื่องมือที่ช่วยควบคุมการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยร่วมกับทางโรงงานสร้างเครื่องมือนี้ออกมาและทดสอบให้หัวหน้างานลงข้อมูลตามที่กำหนด โดยดูจากแผนการผลิตและมาตรฐานการปฏิบัติงาน ได้ผลออกมาดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 ตัวอย่างกระดานควบคุมการทำงานหลังจากบันทึกแผนการผลิต

หลังจากนั้นได้อบรมและทดสอบให้พนักงานในห้องผสมซอสลงเวลาจริงโดยใช้ X สีน้ำเงิน เมื่อทำกิจกรรมนั้นๆเสร็จตามที่ได้กำหนดในแผน ซึ่งได้ผลออกมาตามรูปที่ 4.35



รูปที่ 4.35 ตัวอย่างกระดานควบคุมการทำงานหลังบันทึกเวลาทำงานจริง

จากการสอบถามผลการทดลองใช้กับพนักงานพบว่า พนักงานสามารถทำตามแผนการผลิตได้โดยง่าย อีกทั้งพนักงานสามารถทราบว่าเวลานี้ต้องทำอะไร เกิดการเตือนกันเองโดยที่หัวหน้างานไม่ต้องเข้ามาควบคุม และพนักงานไม่จำเป็นต้องหาแผนการผลิตมาเปิดดูทำให้สามารถลดการลืมได้ ดังนั้นกระดานควบคุมการผลิตนี้จะถูกติดตั้งเพื่อใช้จริงในโรงงานหลังจากการเริ่มผลิตตามมาตรฐานใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การประเมินผลทางเลือกและผลการปรับปรุง

5.1 การประเมินผลทางเลือกและผลการปรับปรุงจากฝ่ายโรงงาน

จากผลการทดสอบกระบวนการในระดับห้องปฏิบัติการที่สามารถปรับปรุงได้จากที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 ทางผู้วิจัยได้นำเสนอผลการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการต่อโรงงาน เพื่อทำการพิจารณาปรับปรุง ทั้งในด้านการลดเวลามาตรฐานในการผลิต และลดความคลาดเคลื่อนของเวลาทำงาน

ทางโรงงานได้การพิจารณาเห็นควรให้รีบเร่งติดตั้งเครื่องจักรในบางส่วน และมีในบางส่วนที่มีการลงทุนสูงจะพิจารณาติดตั้งในภายหลังในปีงบประมาณหน้า ดังผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดเวลามาตรฐานในการผลิตตามตารางที่ 5.1

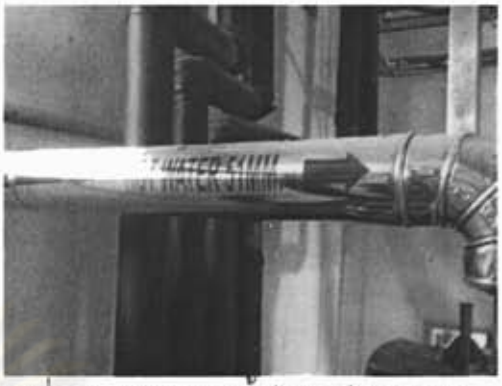
ตารางที่ 5.1 ผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดเวลามาตรฐานในการผลิต

ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	ผลการพิจารณาปรับปรุงจากโรงงานพร้อมเหตุผล
ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	ใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงให้การล้าง	ต้องติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	ติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อนแล้วตามรูปที่ 5.1 พร้อม หัวกระจายน้ำเพิ่มเติม เนื่องจากสามารถใช้ได้กับหลายจุด
เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	จัดผังโรงงานให้บริเวณเก็บวัตถุดิบอยู่บริเวณห้องผสมซอส หรือจัดเส้นทางการขนย้ายสะดวก	จัดผังโรงงานใหม่	มีการพิจารณาการจัดผังในงบการเงินปีหน้า
ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	1.ให้พนักงานที่ว่างทำแทนหัวหน้างาน 2.ใช้เครื่องชั่งที่พิมพ์น้ำหนักได้ เพื่อยืนยันน้ำหนักวัตถุดิบที่แท้จริง	ซื้อเครื่องชั่งใหม่ที่สามารถพิมพ์ค่าออกมาได้	1.อนุมัติให้พนักงานที่ว่างทำแทนหัวหน้างาน 2.พิจารณาให้ใช้เครื่องพิมพ์แทนการตรวจสอบโดยคนในปีหน้าหากข้อแรกไม่ได้ผล

ตารางที่ 5.1 (ต่อ) ผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดเวลามาตรฐานในการผลิต

ขั้นตอน	แนวทางการแก้ไขโดยหลัก 5W1H และ ECRS	ข้อจำกัดที่ต้องมี	ผลการพิจารณาปรับปรุงจากโรงงานพร้อมเหตุผล
ผสมครั้งที่ 1,2,3	1. ติดตั้งที่แขวนเครื่องมือไว้ใกล้บริเวณทำงานให้หยิบใช้สะดวก	-	ติดตั้งเครื่องมือแขวนและอุปกรณ์ต่างๆ ใกล้จุดทำงานเพิ่มเติมแล้วและออกแบบเครื่องมือให้ง่ายต่อการใช้งานตามรูปที่ 5.5 และ 5.6
	2. ออกแบบเครื่องมือที่ง่ายต่อการใช้งาน		
ให้ความร้อนถึง 85 °C	ใช้น้ำร้อนแทนอุณหภูมิปกติ	พิจารณาการติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน	ติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อนแล้ว เนื่องจากสามารถใช้ได้กับหลายจุดตามรูปที่ 5.1 และ 5.3
ทำให้เย็นถึง 50 °C	ใช้น้ำเย็นเป็นน้ำหล่อเย็นอุณหภูมิต่ำแทนน้ำอุณหภูมิปกติ	พิจารณาการติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น	ติดตั้งหอหล่อเย็นเพื่อวนน้ำกลับไปทำความเย็น เนื่องจากสามารถประหยัดน้ำได้กว่ามากตามรูปที่ 5.2
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	1. พิจารณาการย้ายเครื่องมือวิเคราะห์ลงมาด้านล่างหรือทำลิฟท์ขนของขึ้นไปชั้นบน	การจัดห้องวิเคราะห์มาตั้งที่ด้านล่าง หรือทำลิฟท์ขนของขึ้นไปชั้นบน	1.มีการพิจารณาทำลิฟท์ขนของแทนการส่งตัวอย่างในปีงบประมาณหน้า เนื่องจากสามารถลดการใช้คนในตำแหน่งนี้ได้
	2. พนักงานห้องผสมเป็นผู้ส่งตัวอย่าง เพื่อลดการรอในการขนส่งหลายคน		2.อนุมัติให้พนักงานห้องผสมเป็นผู้ส่งตัวอย่างจนกว่าลิฟท์ขนของจะสร้างเสร็จ
วิเคราะห์ค่าเคมี	ปรับปรุงเครื่องมือวิเคราะห์ให้ทำงานเร็วขึ้น	ซื้อเครื่องมือวิเคราะห์อัตโนมัติแทนการวิเคราะห์แบบเก่า	ได้ซื้อและติดตั้งแล้วเนื่องจากสามารถให้พนักงานในจุดนี้ไปวิเคราะห์อย่างอื่นแทนได้ด้วยตามรูปที่ 5.4
ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	1. ขยายขนาดท่อส่ง	พิจารณาการปรับท่อ เครื่องแรงดันและผังโรงงาน	พิจารณาพร้อมการจัดผังโรงงานใหม่ในปีหน้า
	2. เพิ่มกำลังของเครื่องแรงดัน		
	3. จัดผังโรงงานให้เครื่องผสมกับถังเก็บอยู่ใกล้กันมากขึ้น		

รูปที่ 5.1 การติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อนในโรงงาน



รูปที่ 5.2 รูปแสดงท่อน้ำร้อน (สีเงิน) และ
ท่อน้ำเย็น (สีดำ) ที่ติดตั้งในโรงงาน

รูปที่ 5.3 ป้ายแสดงสถานะการใช้น้ำร้อน

รูปที่ 5.4 เครื่องวัดเกลืออัตโนมัติ

รูปที่ 5.5 ที่แขวนและอุปกรณ์จำเป็น
เพื่อลดการการเคลื่อนไหว
ของพนักงานผสมซอส

รูปที่ 5.6 ถังสำหรับใส่อุปกรณ์ที่ใช้แล้ว
เพื่อลดการการเคลื่อนไหว
ของพนักงานผสมซอส

สำหรับผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิตเป็นไปตามตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ผลการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตจากโรงงานในหัวข้อการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิต

สาเหตุของปัญหา	แนวทางการแก้ไข	ผลการพิจารณาจากโรงงาน
ระบบความคุมการทำงานของพนักงาน	จัดทำกระดานตารางกำหนดหน้าที่งานในทุกห้องที่เกี่ยวข้อง	สามารถติดตั้งได้ในห้องผสมซอส และห้องบรรจุ และโรงงานเป็นผู้อบรมพนักงาน
พนักงานรอหัวหน้างานมาตรวจ	ให้พนักงานที่ว่างทำงานแทนหัวหน้าพนักงาน	ให้พนักงานที่ว่างทำแทนได้แต่ต้องลงชื่อคนที่ตรวจสอบ
วิธีการวางของหลังการชั่งไม่เหมาะสม ทำให้หยิบยาก	จัดลำดับการวางสิ่งของโดยเรียงเป็นชุดๆบนพาเล็ทพร้อมทำป้ายบ่งชี้	จัดลำดับการวางสิ่งของโดยเรียงเป็นชุดๆบนพาเล็ทพร้อมทำป้ายบ่งชี้ พร้อมแบ่งสัดส่วนห้อง
พนักงานไปนั่งอยู่จุดอื่น เนื่องจากอากาศในห้องผสมร้อนและจุดที่นั่งมองเห็นนาฬิกายาก	จัดพื้นที่ให้พนักงานนั่งพักที่เหมาะสม และมีนาฬิกาและระบบควบคุมอยู่บริเวณที่พนักงานนั่ง	จัดพื้นที่พนักงานนั่งใหม่ ที่สามารถมองเห็นตารางควบคุมการทำงาน พร้อมติดตั้งเครื่องระบายอากาศ (Spot cooler) และนาฬิกาเพิ่มเติม
พนักงานติดพักเที่ยง	จัดเปลี่ยนพนักงานสลับช่วงพักเที่ยง	ทางโรงงานจัดพนักงานสลับช่วงพักเที่ยง
พนักงานส่งตัวอย่างไม่อยู่ หรือมีไม่พอ	ให้พนักงานในห้องผสมซอสเป็นผู้ส่งตัวอย่างเอง	ให้พนักงานในห้องผสมซอสเป็นผู้ส่งตัวอย่างเอง ก่อนการสร้างลิฟท์ส่งตัวอย่างจะเสร็จ
ห้องผสมซอส และห้องปฏิบัติการอยู่ไกลกัน	ย้ายห้องปฏิบัติการลงมาด้านล่างหรือ สร้างลิฟท์ส่งตัวอย่างไปชั้น 2	สร้างลิฟท์ส่งตัวอย่างไปชั้น 2 ในปีงบประมาณหน้า

5.2 การประเมินผลการทดสอบการปรับปรุงกระบวนการในระดับโรงงานจำลอง (Pilot Plant scale)

จากผลการทดสอบกระบวนการในระดับห้องปฏิบัติการที่สามารถปรับปรุงได้จากที่ได้เสนอในบทที่ 4 สามารถสรุปการเปลี่ยนแปลงกระบวนการใหม่เทียบกับกระบวนเก่าได้ตามตารางที่ 5.3 หลังจากฝ่ายโรงงานพิจารณายอมรับเงื่อนไขการปรับปรุงอุปกรณ์การผลิตตามที่ได้นำเสนอในหัวข้อ 5.1

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในโรงงานจำลอง (Pilot plant scale) ขนาด 50 kg เพื่อคาดคะเนการลดเวลาตลอดกระบวนการและเพื่อยืนยันผลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนทดสอบต่อในระดับการผลิตจริงขนาด 3,600 kg ซึ่งในการทดสอบระดับโรงงานจำลองนั้นสามารถทดสอบได้ในบางหัวข้อ และสามารถทดสอบได้แต่ขั้นตอนการผสมซอส สำหรับขั้นตอนการบรรจุซอสจำเป็นต้องประเมินผลที่สายการผลิตจริงโดยใช้พนักงานจริง

<u>วัตถุประสงค์การทดลอง:</u> เพื่อคาดคะเนการลดเวลาตลอดกระบวนการและเพื่อยืนยันผลคุณภาพของผลิตภัณฑ์

<u>ปัจจัยนำเข้า:</u> ขั้นตอนทดลองในระดับโรงงานจำลองเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุงตามตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ขั้นตอนทดลองในระดับโรงงานจำลองในส่วนการผสมซอสเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนในปัจจุบัน	ขั้นตอนหลังการปรับปรุง
ผสมครั้งที่ 1	เติมเฉพาะซอส และแป้ง ลงในหม้อผสมซอส
	ผสมครั้งที่ 1 สำหรับส่วนผสมที่เหลืออื่นๆ
กวนแป้ง (10 นาที)	เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 ^{o}C
ผสมครั้งที่ 2	ผสมครั้งที่ 2
เปิดไอน้ำเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C	เปิดไอน้ำเพื่อให้ให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C
รักษาอุณหภูมิ 85^{o}C เป็นเวลา 15 นาที	รักษาอุณหภูมิ 85^{o}C เป็นเวลา 15 นาที
เปิดน้ำหล่อเย็นโดยใช้น้ำอุณหภูมิห้อง (28^{o}C)ทำให้เย็นถึง 50 ^{o}C	เปิดน้ำหล่อเย็นโดยใช้น้ำอุณหภูมิห้อง (28^{o}C) ทำให้เย็นถึง 75 ^{o}C หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นใช้น้ำเย็น(5^{o}C) เพื่อทำให้ซอสเย็นถึง 60^{o}C
ผสมครั้งที่ 3	ผสมครั้งที่ 3
รอให้ซอสเย็นถึงถึง 40 ^{o}C หยุดกระบวนการ	รอให้ซอสเย็นถึงถึง 45 ^{o}C หยุดกระบวนการ

<u>ปัจจัยตอบสนอง</u> เวลาในแต่ละขั้นตอน, ผลการตรวจสอบคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

<u>ปัจจัยการควบคุม</u>

Material – สูตรการผสม ปริมาณการผสม (50 kg)

Machine –การให้ความร้อนแบบเดียวกัน หม้อผสมเครื่องเดียวกัน ความเร็วรอบในการผสมเท่ากัน

Man – ผู้ทำการทดลองเป็นคน คนเดียวกัน

Measurement – ชนิดของนาฬิกาจับเวลาเหมือนกัน เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเก็บค่าได้อัตโนมัติเป็นเครื่องเดียวกัน อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องเดียวกัน

Enviroment – อุณหภูมิห้องในการทดลองเท่ากันที่ 28 ^{o}C

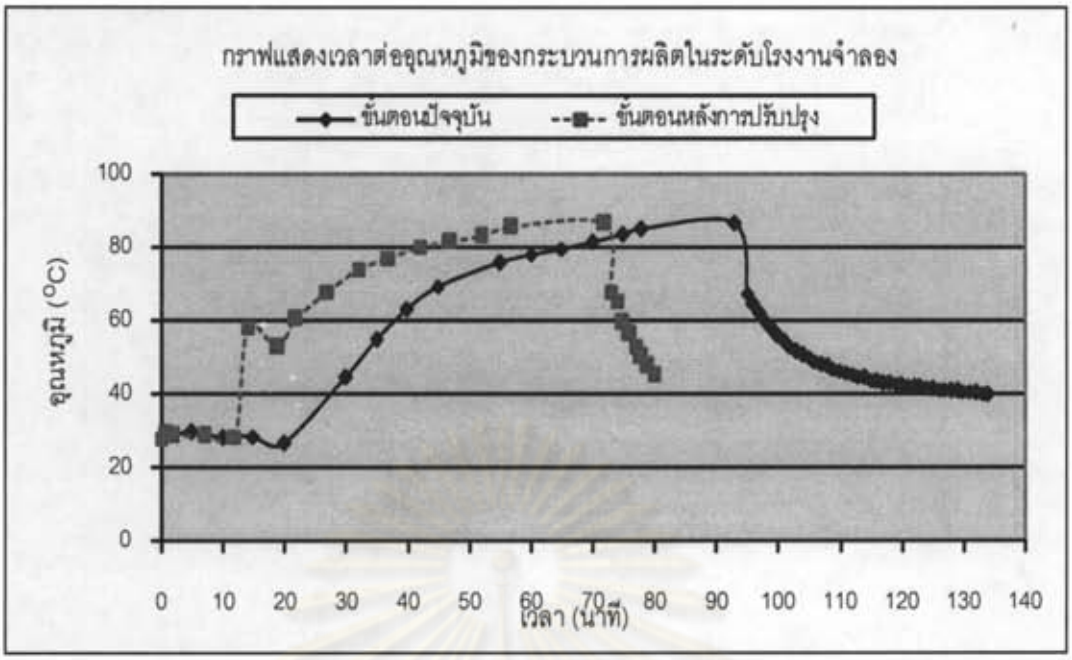
<u>ผลการทดลอง</u>

1. ผลการเก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิตระดับโรงงานจำลอง

ผลการบันทึกเวลาที่ใช้ในกระบวนการเมื่อทดสอบ ในระดับการผลิต 50 kg ต่อรอบการผสม และกราฟแสดงเวลาต่ออุณหภูมิของกระบวนการผลิตดังกล่าวดังตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.7

ตารางที่ 5.4 ผลการบันทึกเวลาที่ใช้ในกระบวนการผสมซอสเมื่อทดสอบในระดับโรงงานจำลอง สำหรับระดับการผลิต 50 kg ต่อรอบการผสม

ขั้นตอนในปัจจุบัน	เวลาที่จบขั้นตอน (นาทีที่)	ขั้นตอนหลังการปรับปรุง	เวลาที่จบขั้นตอน (นาทีที่)
ผสมครั้งที่ 1	5	ใส่ซอส และแป้ง	2
		ผสมครั้งที่ 1	12
กวนแป้ง (10 นาที)	15	เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 80^{o}C	14
ผสมครั้งที่ 2	20	ผสมครั้งที่ 2 และเติมสารกำจัดฟอง	19
เปิดไอน้ำเพื่อให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C	78	เปิดไอน้ำเพื่อให้ความร้อน ถึง 85^{o}C	57
รักษาอุณหภูมิที่ 85^{o}C เป็นเวลา 15 นาที	93	รักษาอุณหภูมิที่ 85^{o}C เป็นเวลา 15 นาที	72
เปิดน้ำหล่อเย็นโดยใช้น้ำอุณหภูมิห้อง (28^{o}C) ทำให้เย็นถึง 50^{o}C	105	เปิดน้ำหล่อเย็นโดยใช้น้ำอุณหภูมิห้อง (28^{o}C) ทำให้เย็นถึง 75 ^{o}C หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นใช้น้ำเย็น (5^{o}C) เพื่อทำให้ซอสเย็นถึง 60^{o}C	75
ผสมครั้งที่ 3	107	ผสมครั้งที่ 3	77
รอให้ซอสเย็นถึงถึง 40^{o}C หยุดกระบวนการ	134	รอให้ซอสเย็นถึงถึง 45 ^{o}C หยุดกระบวนการ	80



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงเวลาต่ออุณหภูมิของกระบวนการผลิตในระดับโรงงานจำลอง

จากการทดลองในระดับโรงงานจำลองเฉพาะเวลาในส่วนการผสมซอสพบว่า เวลาสามารถลดเวลาได้จาก 134 นาที เป็น 80 นาที ในส่วนของการผสมซอสในระดับโรงงานจำลองคิดเป็น 40.3% ของเวลาที่ลดลงได้ ซึ่งผลจากการคาดคะเนนี้พบว่า การปรับปรุงวิธีมาตรฐานในกระบวนการผลิตสามารถลดเวลาในกระบวนการได้อย่างมาก แต่สำหรับในสายการบรรจุต้องทดสอบต่อในระดับการผลิตจริงต่อไปในระดับโรงงานจริง

2. ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงตามเกณฑ์ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Product specification)

คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องผลิตถัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากการย่อยโปรตีนของถั่วเหลือง และประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากขั้นตอนหลังการปรับปรุงเป็นไปตามตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงในระดับโรงงานจำลอง

หัวข้อการวิเคราะห์	ข้อกำหนด	ผลการวิเคราะห์(ตัวอย่างหลังการปรับปรุง)	วิธีการวิเคราะห์
การประเมินทางประสาทสัมผัส (ลักษณะ สี กลิ่นรส รสชาติ)	เหมือนตัวอย่างมาตรฐาน	เหมือนตัวอย่างมาตรฐาน	การประเมินด้วยประสาทสัมผัสจากพนักงาน 5 คน
ความหนืด, cp	240 - 290	274	Viscometer
pH	4.9 - 5.4	5.2	pH meter
%เกลือ (NaCl) %w/w	6.80 – 7.40	7.15	Titration method
Total Nitrogen, %w/w	0.50 - 0.65	0.58	Micro Kjeldahl
ปริมาณของแข็ง(Total soluble solid), °Brix	53.0 – 57.0	55.6	Refractometer
Total plate count, CFU/g	$\leq 10^4$	200	FDA-BAM
Yeast and Mold, CFU/g	≤ 10	≤ 10	FDA-BAM
Coliforms, MPN/g	< 3	< 3	FDA-BAM
B. cereus, CFU/g	$\leq 10^3$	≤ 10	FDA-BAM
Cl. perfringens, CFU/g	$\leq 10^3$	≤ 10	FDA-BAM
Salmonella spp.,ใน 25 กรัม	ไม่พบ	ไม่พบ	ISO 6579
*Staphylococcus aureus*ใน 0.1 กรัม	ไม่พบ	ไม่พบ	FDA-BAM
Arsenic (as As), ppm	< 2	< 2	AOAC (2000) 986.15
Lead (Pb), ppm	< 1	< 1	AOAC (2000) 999.11
Copper (Cu), ppm	< 20	< 20	AOAC (2000) 999.11

จากผลการวิเคราะห์พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการปรับปรุงการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ในทุกหัวข้อ

<u>สรุปผลการทดลองในระดับโรงงานจำลอง</u>

จากการทดลองในระดับโรงงานจำลองเฉพาะเวลาในส่วนการผสมซอสพบว่า เมื่อปรับเปลี่ยนขั้นตอนมาตรฐานสามารถลดเวลาในการผลิตได้จาก 134 นาที เหลือเพียง 80 นาที คิดเป็นเวลาที่ลดลงเท่ากับ 40.3% โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการปรับปรุงการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ในทุกหัวข้อ

5.3 การประเมินผลการทดสอบการปรับปรุงกระบวนการในระดับการผลิตจริง

จากผลปรับปรุงจากฝั่งโรงงานเสร็จเรียบร้อยตามหัวข้อที่ 5.1 และผลการทดสอบในระดับโรงงานจำลองปริมาณ 50 กิโลกรัม พบว่า กระบวนการมาตรฐานสามารถถูกปรับปรุงเพื่อให้เวลาในการผลิตรวดเร็วขึ้นและคุณภาพยังอยู่ภายในเกณฑ์ข้อกำหนด จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยได้ทดสอบต่อในระดับการผลิตขนาดการผลิตจริง 3,600 กิโลกรัม เพื่อยันยันเวลาที่ลดได้ทั้งหมด คุณภาพของผลิตภัณฑ์ และเหมาะสมในการทำงานของพนักงานในสายการผลิตจริง ตามแนวทางการปรับปรุง

วัตถุประสงค์การทดลอง: เพื่อตรวจสอบเวลาที่ลดได้ตลอดทั้งกระบวนการ และเพื่อยืนยันผล คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายตามข้อกำหนด (Product specification)

ปัจจัยนำเข้า: ขั้นตอนทดลองในระดับการผลิตจริงเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุงตามตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 ขั้นตอนทดลองเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุง

วิธีการทำงานก่อนการปรับปรุง			วิธีการทำงานหลังการปรับปรุง		
ขั้นตอนตามวิธีการปัจจุบัน	การทำงาน		ขั้นตอนตามแนวทางการปรับปรุง	การทำงาน	
	คน	เครื่องจักร		คน	เครื่องจักร
ล้างหม้อผสมซอส	○		ล้างหม้อผสมซอส	○	
ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○
เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨	
ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□	
ผสมครั้งที่ 1	○	○	ใส่ซอส และแป้ง		○
กวนแป้ง (10 นาที)		○	ผสมครั้งที่ 1	○	○
ผสมครั้งที่ 2	○	○	ใส่น้ำร้อนและผสมครั้งที่ 2	○	○
ให้ความร้อนถึง 85 ^{o}C		○	ให้ความร้อนถึง 85 ^{o}C		○
รักษาอุณหภูมิ 85 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที		○	รักษาอุณหภูมิ 85 ^{o}C เป็นเวลา 15 นาที		○
เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) รอให้ซอสเย็นถึง 50 ^{o}C		○	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) รอให้ซอสเย็นถึง 75 ^{o}C		○
ผสมครั้งที่ 3	○	○	เปิดน้ำหล่อเย็น (5 ^{o}C) รอให้เย็นถึง 60 ^{o}C		○

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) ขั้นตอนทดลองเปรียบเทียบระหว่างขั้นตอนปัจจุบันกับขั้นตอนหลังการปรับปรุง

วิธีการทำงานก่อนการปรับปรุง			วิธีการทำงานหลังการปรับปรุง		
ขั้นตอนตามวิธีการปัจจุบัน	การทำงาน		ขั้นตอนตามแนวทางการปรับปรุง	การทำงาน	
	คน	เครื่องจักร		คน	เครื่องจักร
รอให้ซอสเย็นถึง 40 °C		○	ผสมครั้งที่ 3	○	○
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		รอให้ซอสเย็นถึง 45 °C		○
วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨	
ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□	
ส่งซอสจากหม้อผสมไปถังเก็บ	⇨	⇨	ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○	
			ส่งซอสจากหม้อผสมไปถังเก็บ	⇨	⇨
ล้างหัวบรรจุและต่อข้อต่อ	○		ล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ	○	
การใช้ซอสชะท่อบรรจุ และตรวจสอบความเที่ยงตรง	□		ตรวจสอบความเที่ยงตรงจากการใช้ซอสชะท่อบรรจุ 5 kg	□	
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨				
วิเคราะห์ค่าเกลือ	□				
บรรจุซอสลงขวด	○	○	บรรจุซอสลงขวด	○	○
บรรจุหีบห่อ	○	○	บรรจุหีบห่อ	○	○
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨	
วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา	□		วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทางจุลชีววิทยา	□	

<u>ปัจจัยตอบสนอง</u>

เวลาในแต่ละขั้นตอน, ผลการตรวจสอบคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยการควบคุม

Material –ปริมาณการผสม (3,600 กิโลกรัม)

Machine – ชนิดเครื่องให้ความร้อนและชนิดหม้อผสมเครื่องเดียวกับวิธีปัจจุบัน ชนิดและขนาดใบพัด ความเร็วรอบในการผสม

Man – ใช้พนักงานชุดที่ทำงานปกติ จำนวนเท่าวิธีปัจจุบัน

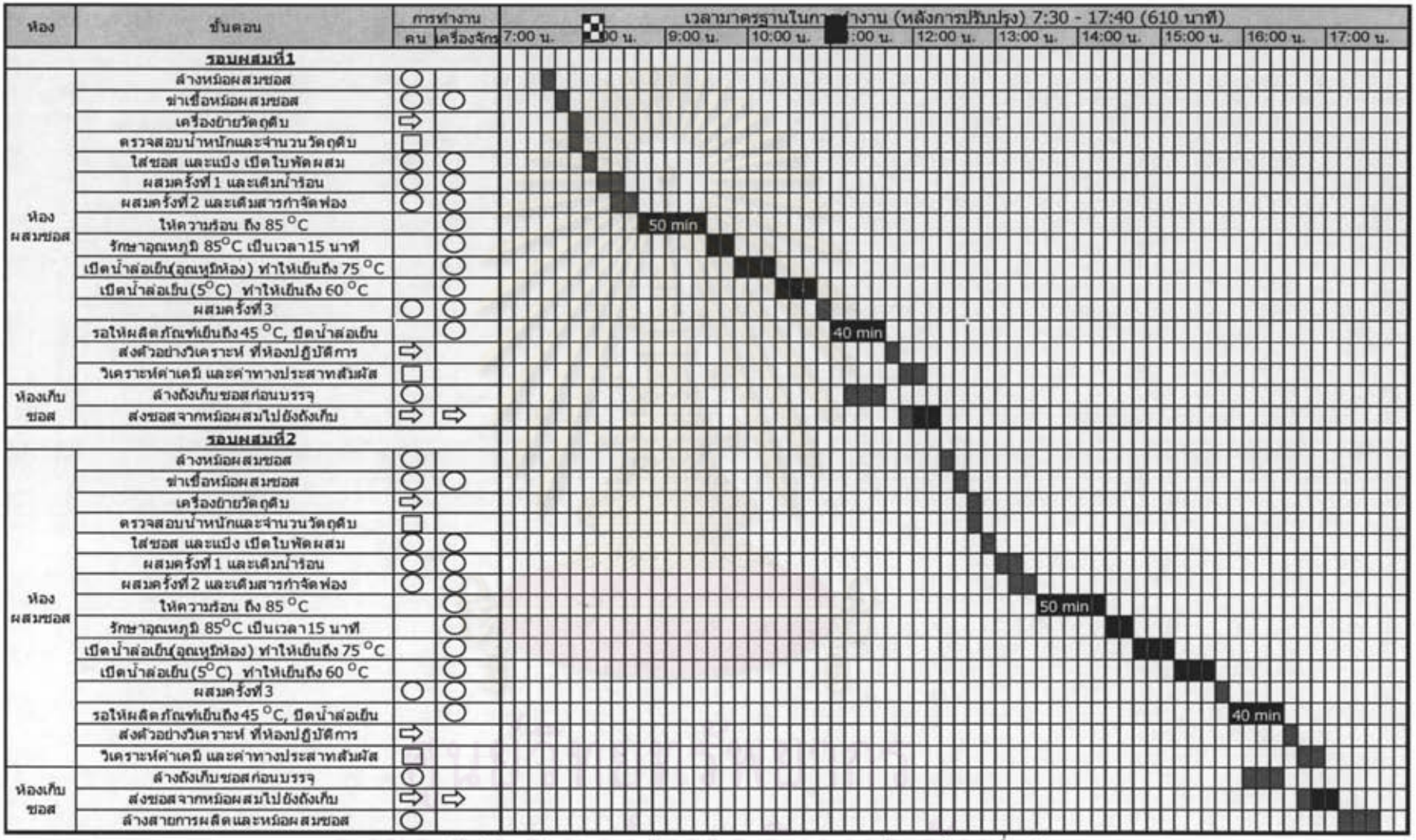
Measurement – ชนิดของนาฬิกาจับเวลา เครื่องวัดอุณหภูมิภายในหม้อผสม อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์เป็นเครื่องเดียวกันกับวิธีปัจจุบัน

Enviroment – ช่วงเวลาเริ่มกระบวนการผลิตเท่ากับวิธีปัจจุบัน

ผลการทดลอง

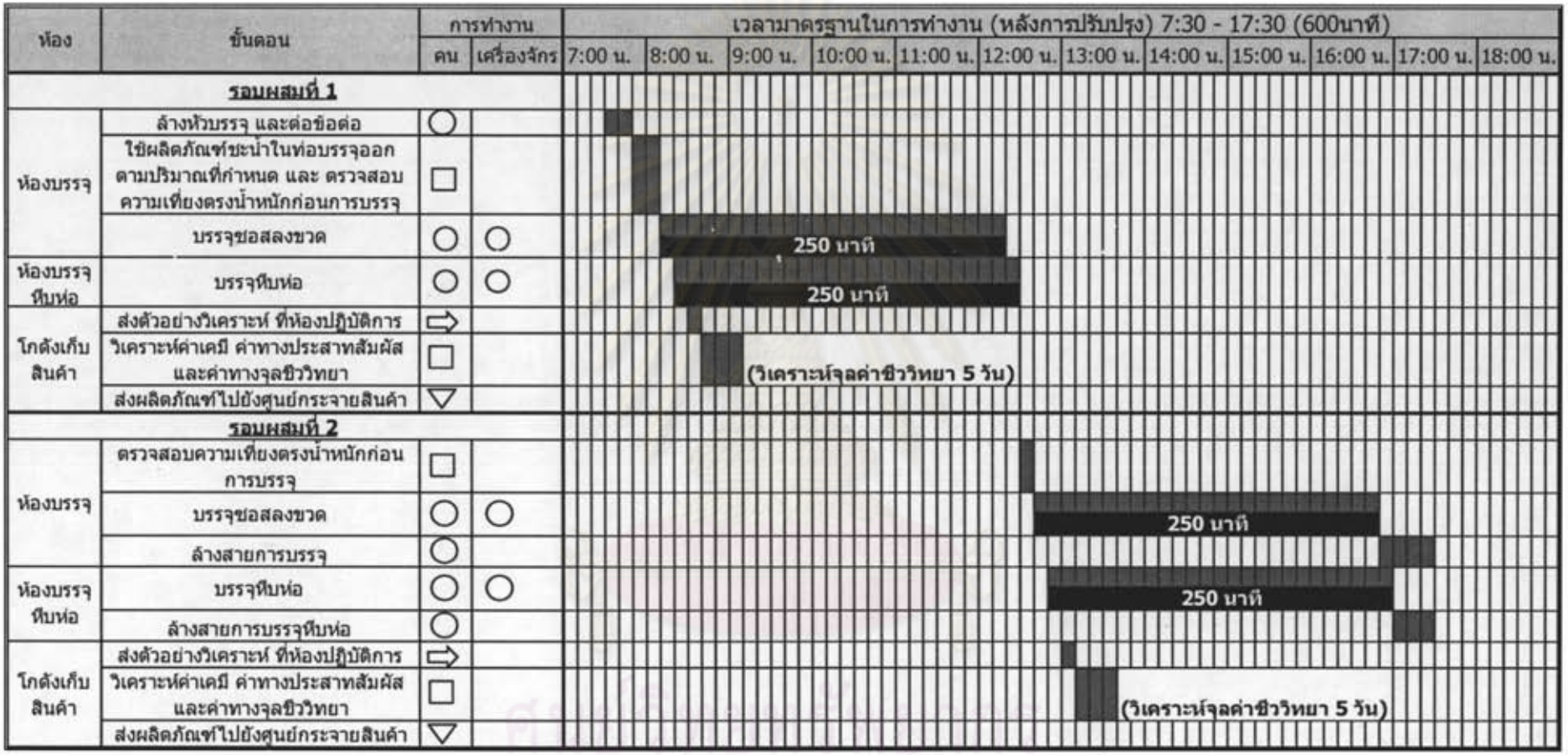
1. ผลการเก็บข้อมูลเวลาในกระบวนการผลิตระดับการผลิตจริงตามแนวทางการปรับปรุงผลการทดสอบเป็นไปตารางเวลาในรูปที่ 5.8 และ 5.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ สัญลักษณ์ = ทำงานโดยคน = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 5.8 ผลการเก็บข้อมูลเวลาในการผลิตซอสชนิด A ตามขั้นตอนการปรับปรุงในส่วนการผสมซอส เมื่อผลิต 2 หม้อผสมใน 1 วัน



หมายเหตุ สัญลักษณ์ = ทำงานโดยคน = ทำงานโดยเครื่องจักร

รูปที่ 5.9 ผลการเก็บข้อมูลเวลาในการผลิตซอสชนิด A ตามขั้นตอนการปรับปรุง ในส่วนสายการบรรจุซอสในขวดขนาดเล็ก (200 มล.) เมื่อผลิต 2 หม้อผสมใน 1 วัน

2. ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงตามเกณฑ์ข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์สุดท้าย (Product specification)

คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอ้างอิงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องผลิตภัณฑ์ปรุงรสที่ได้จากการย่อยโปรตีนของถั่วเหลืองและ ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องมาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ผลการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากขั้นตอนหลังการปรับปรุงเป็นไปตามตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการการวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์จากขั้นตอนหลังการปรับปรุงในระดับการผลิตจริง

หัวข้อการวิเคราะห์	ข้อกำหนด	ผลการวิเคราะห์		วิธีการวิเคราะห์
		รอบผสมที่ 1	รอบผสมที่ 2	
การประเมินทางประสาทสัมผัส (ลักษณะ สี กลิ่นรส รสชาติ)	เหมือนตัวอย่างมาตรฐาน	เหมือนตัวอย่างมาตรฐาน	เหมือนตัวอย่างมาตรฐาน	การประเมินด้วยประสาทสัมผัสจากพนักงาน 5 คน
ความหนืด, cp	240 - 290	253	279	Viscometer
pH	4.9 - 5.4	5.1	5.2	pH meter
%เกลือ (NaCl) %w/w	6.80 – 7.40	7.19	7.24	Titration method
Total Nitrogen, %w/w	0.50 - 0.65	0.53	0.55	Micro Kjeldahl
ปริมาณของแข็ง(Total soluble solid), °Brix	53.0 – 57.0	55.4	55.6	Brix meter
Total plate count, CFU/g	$\leq 10^4$	700	500	FDA-BAM
Yeast and Mold, CFU/g	≤ 10	≤ 10	≤ 10	FDA-BAM
Coliforms, MPN/g	< 3	< 3	< 3	FDA-BAM
B. cereus, CFU/g	$\leq 10^3$	≤ 10	≤ 10	FDA-BAM
Cl. perfringens, CFU/g	$\leq 10^3$	≤ 10	≤ 10	FDA-BAM
Salmonella spp.,ใน 25 กรัม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ISO 6579
*Staphylococcus aureus*ใน 0.1 กรัม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	FDA-BAM
Arsenic (as As), ppm	< 2	< 2	< 2	AOAC (2000) 986.15
Lead (Pb), ppm	< 1	< 1	< 1	AOAC (2000) 999.11
Copper (Cu), ppm	< 20	< 20	< 20	AOAC (2000) 999.11

จากผลการวิเคราะห์พบว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนหลังการปรับปรุงการทำงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ในทุกหัวข้อ

สรุปผลการทดลองในระดับผลิตจริงในโรงงาน

จากทดสอบในระดับการผลิตจริงพบว่า เวลาในขั้นตอนการผสมซอสเมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 15.2 ชั่วโมง เหลือเพียง 10.2 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 33% และเวลาการบรรจุซอสเมื่อบรรจุ 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 11.3 ชั่วโมง เหลือเพียง 10 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 12% เมื่อพิจารณาคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุงกระบวนการมาตรฐานพบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ในทุกหัวข้อ ไม่พบปัญหาในการทำงานของพนักงานในสายการผลิตและพนักงานในห้องวิเคราะห์

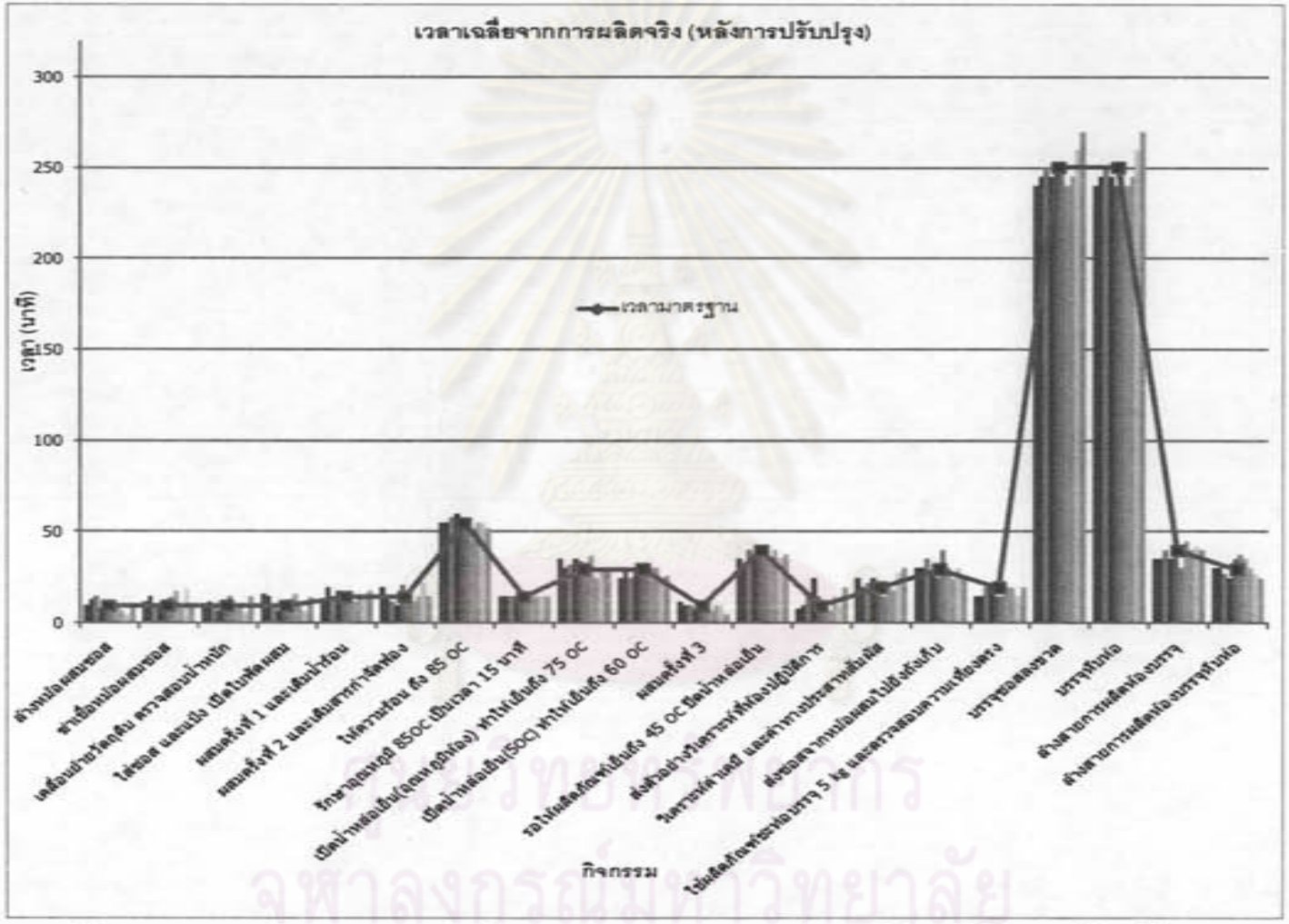
จากการทดสอบพบว่า นอกจากการปรับเปลี่ยนกระบวนการจะสามารถลดรอบเวลาการผลิตแล้ว ยังช่วยลดกำลังคนที่ใช้ในบางหน้าที่ เช่น พนักงานวิเคราะห์เปลี่ยนไปทำหน้าที่ผู้ช่วยแผนกวิจัยและพัฒนาแทน และพนักงานส่งตัวอย่างไปช่วยพนักงานในห้องผสมซอส และลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิต เช่น การลดผลิตภัณฑ์ที่ใช้ชะท่อทิ้งหลังล้างสายการผลิต และลดการทิ้งน้ำในกระบวนการล่อเย็นจากเมื่อก่อนเป็นการปล่อยน้ำทิ้งเปลี่ยนเป็นการวนน้ำกลับมาที่หอหล่อเย็นเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

5.4 การประเมินผลการควบคุมการทำงานในการผลิตจริง

หลังจากการทดสอบมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่ในระดับการผลิตจริง ตามหัวข้อ 5.3 ทางผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐานการผลิตใหม่ และประเมินผลด้านคุณภาพ (Quality assessment) กับทางโรงงาน เพื่อขออนุมัติเปลี่ยนมาตรฐานการผลิตจริง หลังจากเริ่มผลิตจริงและเริ่มมีการใช้ระบบควบคุมการทำงานแบบใหม่เป็นเวลา 1 เดือน มีการผลิตซอสชนิด A ไปทั้งสิ้น 20 รอบการผลิต ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการผลิตโดยเก็บ 10 รอบการผลิตในครึ่งเดือนหลัง เนื่องจากช่วงครึ่งเดือนแรกเป็นช่วงที่พนักงานอยู่ระหว่างการเรียนรู้มาตรฐานในการผลิตใหม่และระบบควบคุมใหม่ซึ่งอาจเกิดความผิดผลาดได้ ทางผู้วิจัยจึงเก็บข้อมูลเฉพาะครึ่งเดือนหลังจำนวน 10 รอบการผลิต ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.10

ตารางที่ 5.8 ผลการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบการผลิต ตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่ และมีการใช้ระบบควบคุมการทำงาน

	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	คนทำงาน	เครื่องจักรทำงาน	ระยะเวลา (นาที)					
				เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)	ค่าน้อยที่สุด	ค่ามากที่สุด	พิสัย (Range)
1	ล้างหม้อผสมซอส	○		10	9.8	2.97	5	15	10
2	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○		10	12.7	3.68	8	19	11
3	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวน	⇨		10	10.2	3.12	6	15	9
4	ใส่ซอส และแป้ง เปิดใบพัดผสม	○	○	10	11.6	3.63	7	16	9
5	ผสมครั้งที่ 1 และเติมน้ำร้อน	○	○	15	15.3	2.71	12	20	8
6	ผสมครั้งที่ 2 และเติมสารกำจัดฟอง	○	○	15	15.4	4.22	10	22	12
7	ให้ความร้อน ถึง 85 ^{o}C		○	55	54.7	2.91	50	60	10
8	รักษาอุณหภูมิ 85^{o}C เป็นเวลา 15		○	15	15.0	0.00	15	15	0
9	เปิดน้ำหล่อเย็น(อุณหภูมิห้อง) ทำให้เย็นถึง 75 ^{o}C		○	30	31.8	3.65	25	37	12
10	เปิดน้ำหล่อเย็น(5^{o}C) ทำให้เย็นถึง 60 ^{o}C		○	30	28.2	2.82	25	33	8
11	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	9.4	2.17	5	12	7
12	รอให้ผลิตภัณฑ์เย็นถึง 45 ^{o}C ปิดน้ำหล่อเย็น		○	40	37.4	3.50	30	42	12
13	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	□		10	13.5	5.68	7	25	18
14	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		20	22.1	4.79	15	30	15
15	ส่งซอสจากหม้อผสมไปยังถังเก็บ	⇨		30	29.7	4.88	24	40	16
16	ใช้ผลิตภัณฑ์ชะท่อบรรจุ 5 kg และตรวจสอบความเที่ยงตรง	□		20	17.5	2.64	15	20	5
17	บรรจุซอสลงขวด	○	○	250	248.5	9.73	240	270	30
18	บรรจุหีบห่อ	○	○	250	248.5	9.73	240	270	30
19	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุ	○		40	38.2	4.37	30	45	15
20	ล้างสายการผลิตห้องบรรจุหีบห่อ	○		30	30.2	4.49	25	38	13

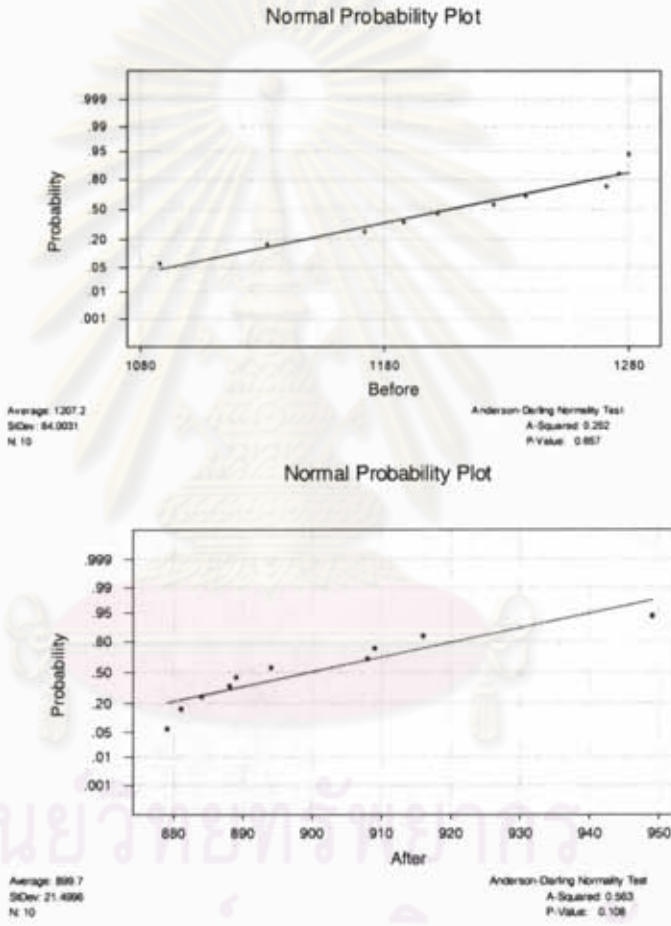


รูปที่ 5.10 ผลการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบการผลิตเทียบกับเวลามาตรฐาน ตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่และมีการใช้ระบบควบคุมการทำงาน

จากการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบ ตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่และมีการใช้ระบบควบคุมการทำงานพบว่าเวลาเฉลี่ยจากการปฏิบัติงานจริงสามารถทำได้ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานใหม่ที่กำหนดไว้จากการทดสอบในหัวข้อ 5.3 การทดสอบการปรับปรุงในระดับการผลิตจริง

การวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของเวลาจากค่าความผันแปร (Standard deviation) พบว่า ค่าความผันแปรในจุดที่เคยพบปัญหาลดลง ผู้วิจัยได้ทดสอบความแตกต่างของความผันแปรของเวลาโดยรวมโดยการทดสอบทางสถิติดังนี้

1. ทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล (Normality test) จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ

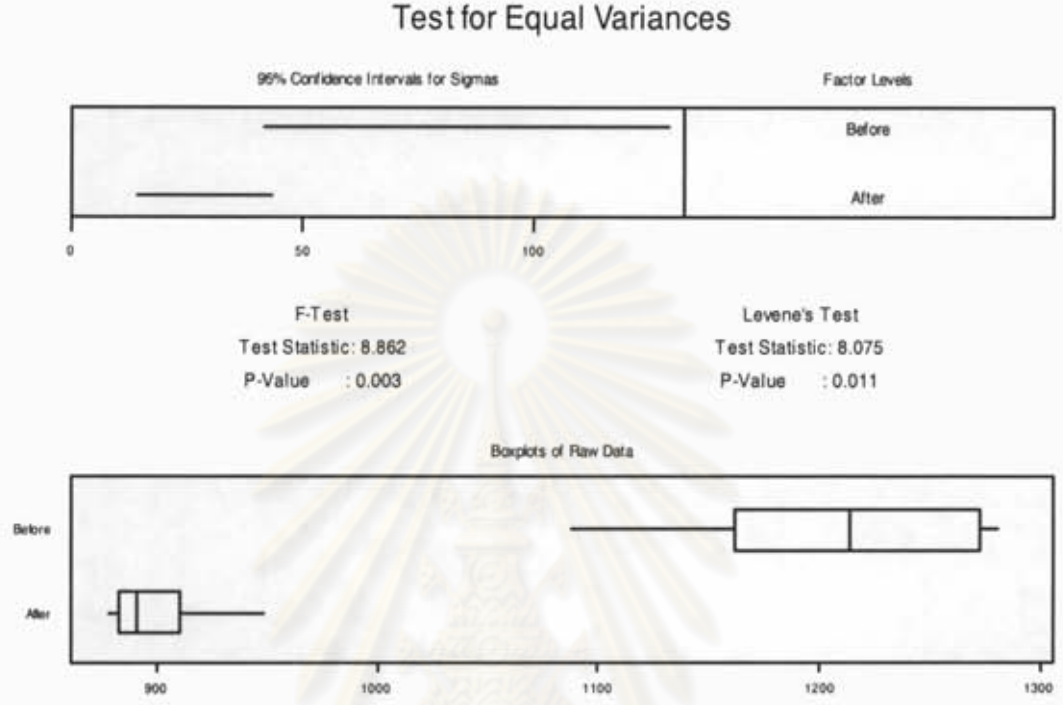


รูปที่ 5.11 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของเวลาโดยรวมก่อนและหลังการปรับปรุง

จากการทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลของเวลาโดยรวมที่ได้จากการเก็บผลการทดสอบอย่างละ 10 รอบการผสมทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าไม่เกิดความผิดปกติของข้อมูลแต่อย่างใด

2. ทดสอบความแตกต่างของความผันแปร

ทดสอบความแตกต่างของความผันแปรเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงโดยการใช้การทดสอบทางสถิติแบบ F-test เนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลการกระจายเป็นปกติ ได้ผลดังรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 ผลการทดสอบความแตกต่างของความผันแปรของเวลาโดยรวมเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

จากผลการทดสอบพบว่าค่า P-value จากการทดสอบโดย F-test มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงว่ากระบวนการใหม่หลังการปรับปรุงและมีการติดตั้งเครื่องมือช่วยในการควบคุมการทำงานสามารถลดความผันแปรของเวลาโดยรวมได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เพื่อพิจารณาเฉพาะขั้นตอนที่เกิดปัญหาซึ่งมีความผันแปรมากกว่า 5 เปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงได้ผลดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบความผันแปรในกิจกรรมที่มีปัญหา ก่อนและหลังการปรับปรุง

ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง			
กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	ระยะเวลา (นาที)			กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต Critical path activity	ระยะเวลา (นาที)		
	เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)		เวลามาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ความผันแปร(SD)
1 เคลื่อนย้ายวัตถุดิบตรวจสอบน้ำหนัก	10	14.0	6.13	1 เคลื่อนย้ายวัตถุดิบตรวจสอบน้ำหนัก	10	10.2	3.12
2 กวนแป้ง (10 นาที)	10	15.1	5.40	ขั้นตอนนี้ยกเลิก			
3 เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้เย็นถึง 50 ^{o}C	120	128.8	15.85	2 เปิดน้ำหล่อเย็น(5 ^{o}C) ทำให้เย็นถึง 60 ^{o}C	30	28.2	2.82
4 ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	10	14.7	6.60	3 ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	10	13.5	5.68
5 วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	30	32.9	7.13	4 วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	20	22.1	4.79
6 บรรจุขอสลงขวด	280	282	20.98	5 บรรจุขอสลงขวด	250	248.5	9.73
7 บรรจุหีบห่อ	280	282	20.98	6 บรรจุหีบห่อ	250	248.5	9.73

จากตารางที่ 5.9 พบว่าค่าความผันแปรของเวลาในขั้นตอนที่เป็นปัญหาลดลง และบางขั้นตอนที่เคยพบปัญหา เช่นการกวนแป้ง ได้ถูกยกเลิกไปแล้วหลังจากการปรับมาตรฐานการผลิตใหม่ เพื่อทดสอบผลการปรับปรุงด้านการลดความผันแปรของเวลาการทำงาน ผู้วิจัยเลือกทดสอบด้วยหลักสถิติในการการทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ค่า F-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สาเหตุที่เลือกใช้ F-test เนื่องจากผลการทดลองที่ได้เก็บค่ามามีลักษณะการกระจายตัวเป็นแบบปกติ ผลการทดสอบทางสถิติได้ผลดังตารางที่ 5.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 ผลการทดสอบทางสถิติด้านการปรับปรุงการลดความแปรปรวนของเวลาในกระบวนการ

ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง		ผลการทดสอบทางสถิติก่อนและหลังการปรับปรุง	
กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต	ความผันแปร(SD)	กิจกรรมที่เป็นเส้นทางวิกฤต	ความผันแปร(SD)	F-Test	สรุปผลการทดสอบความ
1. เคลื่อนย้ายวัตถุดิบตรวจสอบน้ำหนัก	6.13	1. เคลื่อนย้ายวัตถุดิบตรวจสอบน้ำหนัก	3.12	0.057	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
2. กวนแป้ง (10 นาที)	5.40	ขั้นตอนนี้ยกเลิก		-	
3. เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) ทำให้เย็นถึง 50 ^{o}C	15.85	2. เปิดน้ำหล่อเย็น(5 ^{o}C) ทำให้เย็นถึง 60 ^{o}C	2.82	< 0.005	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
4. ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	6.60	3. ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	5.68	0.632	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
5. วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	7.13	4. วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	4.79	0.254	ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
6. บรรจุซอสลงขวด	20.98	5. บรรจุซอสลงขวด	9.73	0.032	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
7. บรรจุหีบห่อ	20.98	6. บรรจุหีบห่อ	9.73	0.032	แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5.10 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของค่าความผันแปรของเวลา ใน 3 กิจกรรมที่เคยเกิดปัญหามาก่อน ได้แก่ ขั้นตอนหล่อเย็นซอส ขั้นตอนการบรรจุซอสลงขวด และขั้นตอนการบรรจุหีบห่อ

อย่างไรก็ตาม หลังการปรับปรุงจะพบว่าความผันแปรของเวลาในหลายกิจกรรมได้ลดลงต่ำกว่า 5 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้กำหนดตั้งแต่แรก แต่ว่ายังพบกิจกรรมที่มีความผันแปรสูงอยู่กว่า 5 อยู่ 3 จุด ในกระบวนการ คือ การส่งตัวอย่างวิเคราะห์โดยพนักงานห้องผสมซอส ขั้นตอนการบรรจุซอสลงขวด และขั้นตอนการบรรจุซอสลงหีบห่อ ที่ ซึ่งผู้วิจัยได้ได้วิเคราะห์หาสาเหตุจากการติดตามการผลิตจริง เพื่อหาทางปรับปรุงต่อไปในภายหลัง ซึ่งไปตามตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 สาเหตุและแนวทางการแก้ปัญหาของขั้นตอนที่พบปัญหาเวลาความผันแปรสูงหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนที่พบปัญหาเวลาความผันแปรสูงหลังการปรับปรุง	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไขต่อไป
การส่งตัวอย่างวิเคราะห์โดยพนักงานห้องผสมซอส	1. บางครั้งพนักงานห้องผสมซอสติดหน้าที่การทำงานในหม้อผสมอื่นจึงไปไม่สามารถเดินขึ้นไปส่งตัวอย่างทันที 2. ห้องผสมซอสและห้องวิเคราะห์อยู่ไกลกันทำให้พนักงานรอเก็บตัวอย่างทีละหลายๆตัวอย่างก่อนเดินขึ้นไป	เนื่องจากหลังจากนี้จะมีการติดลิฟท์ส่งตัวอย่างขึ้นห้องปฏิบัติการซึ่งน่าจะสามารถลดปัญหาที่เกิดนี้ได้
ขั้นตอนการบรรจุซอสลงขวดและขั้นตอนการบรรจุซอสลงหีบห่อ (สายการผลิตต่อเนื่อง)	เนื่องจากพบข้อบกพร่องจากการติดฉลากเบี้ยว การพิมพ์วันที่ไม่ชัดเจนทำให้ ต้องแยกขวดที่พบข้อบกพร่องมาเข้ากระบวนการอีกครั้ง	ค้นหาสาเหตุของข้อบกพร่องจากกระบวนการนี้และทำการปรับปรุงต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการปรับปรุงและหลักการที่ใช้เพื่อลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานและการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงานที่ใช้ในงานวิจัยนี้สรุปดังตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ผลสรุปขั้นตอนการปรับปรุงและหลักการที่ใช้เพื่อลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานและการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงาน

ขั้นตอน		แนวทางลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงาน	แนวทางลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงาน
1. การหาสาเหตุของปัญหา	หลักการที่ใช้	การศึกษาการทำงาน และหลักความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ	การศึกษาลักษณะการทำงาน เก็บข้อมูลในการผลิต และการวิเคราะห์ด้วย Box plot
	เหตุผลการเลือกใช้	เพื่อศึกษาการทำงานแต่ละขั้นตอน โดยการพิจารณาถึงคุณค่าของแต่ละกิจกรรม และระบุความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานสูงเกินความจำเป็น	เพื่อเก็บข้อมูล และกำหนดกิจกรรมที่เป็นปัญหาที่มีค่าความผันแปรของเวลาสูง
2. การหาแนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา	หลักการที่ใช้	หลักการตั้งคำถาม 5 W 1 H ร่วมกับหลักการวิเคราะห์ ECRS	แผนผังก้างปลา (Cause and effect diagram หรือ Fish bone diagram)
	เหตุผลการเลือกใช้	เป็นการระดมสมองเพื่อหาแนวทางไปลด ละ รวบ กิจกรรมหรือทำให้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าอันเกิดจากหลักความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ	เพื่อให้ทุกฝ่ายระดมสมองหาสาเหตุรอบด้าน และหาสาเหตุถึงต้นตอของปัญหา เพื่อการหาแนวทางการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกันต่อไป

ตารางที่ 6.1(ต่อ) ผลสรุปขั้นตอนการปรับปรุงและหลักการที่ใช้เพื่อลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงานและการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงาน

ขั้นตอน		ลดค่าเฉลี่ยเวลาการทำงาน	ลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงาน
3. การพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ	หลักการที่ใช้	การให้คะแนนผลกระทบ โดยการพิจารณาผลกระทบที่เกิดต่อ การทำงานของคน การทำงานของเครื่องจักร วัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ด้านประสาทสัมผัส จุลชีววิทยา คุณสมบัติทางเคมี และคุณสมบัติทางกายภาพ) โดยการระดมสมองและลงคะแนนโดยการเห็นพ้องต้องกันในทุกฝ่าย	
	เหตุผลการเลือกใช้	เพื่อคัดเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่ส่งกระทบอย่างรุนแรงต่อปัจจัยนั้น ๆ และนำไปในการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการ หรือส่งให้ผู้บริหารพิจารณาในขั้นต่อไป	
4. การทดสอบแนวทางการแก้ปัญหา	หลักการที่ใช้	หลักการออกแบบการทดลองและการทดสอบทางสถิติในห้องปฏิบัติการ	การทดสอบทางสถิติในห้องปฏิบัติการ และการออกแบบการเครื่องมือช่วยในการควบคุมการทำงาน
	เหตุผลการเลือกใช้	เพื่อทดสอบว่าการแนวทางการแก้ปัญหานั้นไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย	เพื่อทดสอบว่าการแนวทางการแก้ปัญหานั้นไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้าย และเพื่อสร้างเครื่องมือในการควบคุมเวลาในการทำงาน
5. การแก้ปัญหาและการสรุปผล	หลักการที่ใช้	ผลจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการพิจารณาปรับปรุงจากทางโรงงาน การทดสอบในระดับโรงงานจำลองและการทดสอบในระดับการผลิตจริง	ผลจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการพิจารณาปรับปรุงจากทางโรงงาน การติดตั้งใช้เครื่องมือช่วยควบคุมเวลาในการทำงาน และการติดตามผลหลังการผลิตจริง
	เหตุผลการเลือกใช้	เพื่อสร้างมาตรฐานในกระบวนผลิตใหม่ที่สามารถลดเวลาในกระบวนการผลิตแต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายไม่แตกต่างจากเดิม	เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของเวลาหลังจากการผลิตจริงตามมาตรฐานวิธีการทำงานแบบใหม่

รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนสรุปดังข้อ 6.1 ถึง 6.6

6.1 สรุปแนวทางการหาสาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนแรก ผู้วิจัยได้หาสาเหตุของปัญหา โดยการเก็บข้อมูลการทำงานจริง การวิเคราะห์การทำงานโดยหลักการศึกษาการทำงานของคนและเครื่องจักรในแต่ละขั้นตอนการทำงาน และวิเคราะห์ลักษณะของงานแต่ละขั้นตอนว่าเป็นงานประเภทของลักษณะกิจกรรมที่ทำให้เกิดคุณค่า (Value added activity) กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี (Non value added activity but necessary) หรือ กิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า (Non value added activity) ทั้งนี้เพื่อที่จะหาทางกำจัดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเช่นการไม่ทำงาเนื่องจากการรอคอยออกไป และลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าแต่จำเป็นต้องมี เช่น การวิเคราะห์ การขนส่ง ให้เหลือน้อยที่สุด หลังจากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ขั้นตอนงานแต่ละงานอย่างละเอียด เพื่อหาสาเหตุของความสูญเปล่าตามหลักการสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ เพื่อให้สามารถหาแนวทางการลดสูญเปล่าต่อไปได้

6.2 สรุปแนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหา

ในการหาแนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหานั้นเริ่มจากการ ระดมสมองของทุกฝ่ายในโรงงานที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ระดับผู้บริหารถึงพนักงานในสายการผลิตโดยแบ่งการวิเคราะห์ระหว่างการหาแนวทางลดเวลาทำงานมาตรฐาน และการหาแนวทางลดความ คลาดเคลื่อนในการทำงานดังข้อ 6.2.1 และ 6.2.2

6.2.1 แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหาในการลดเวลามาตรฐานในการทำงาน

ผู้วิจัยได้นำวิธีการตั้งคำถาม 5 W 1 H มาเพื่อตั้งคำถามแต่ละขั้นตอนว่า ทำอะไร (What) ทำไมต้องทำเช่นนั้น (Why) ทำโดยใคร (Who) ทำที่ไหน (Where) ทำเมื่อไหร (When) และทำอย่างไร (Why) หลังจากนั้นได้ใช้การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงตามหลัก ECRS เพื่อระดมสมองหาแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เป็นไปได้ทั้งหมดขึ้นมาก่อน โดยเน้นที่ปัญหาจากสูญเปล่าตามหลักการสูญเปล่าทั้ง 7 ประการที่ได้วิเคราะห์มาก่อนหน้านี้แล้ว

6.2.2 แนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหาในการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการทำงาน

ในการวิเคราะห์ถึงสาเหตุและแนวทางการปรับปรุงสภาพปัญหาในการลดความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยได้ใช้หลักการหาสาเหตุของปัญหาแบบแผนผังก้างปลา

(Root cause analysis หรือ Fish bone analysis) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ครอบคลุมและเจาะลึกถึงต้นตอของปัญหา ก่อนหาแนวทางการปรับปรุงจากสาเหตุนั้น ๆ

หลังจากการระดมสมองหาแนวทางการปรับปรุงทั้งการลดเวลามาตรฐานและลดความคลาดเคลื่อน ผู้วิจัยและคณะผู้ทำงานที่เกี่ยวข้องต้องพิจารณาดูว่าแนวทางที่คิดขึ้นมานั้นมีข้อจำกัดที่จำเป็นต้องมีการลงทุนในการปรับปรุงด้านเครื่องจักร หรือการลงทุนด้านเครื่องมือเพิ่มเติมหรือไม่ และวิเคราะห์ต่อถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการที่มีต่อ การทำงานของคน การทำงานของเครื่องจักร วัตถุดิบ/บรรจุภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม คุณภาพของผลิตภัณฑ์ (ประสาทสัมผัส จุลชีววิทยา คุณสมบัติทางเคมี และ คุณสมบัติทางกายภาพ) การวิเคราะห์ทำโดยการให้คะแนน ซึ่งคะแนนแบ่งเป็น 3 ระดับคือ คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง มีผลกระทบอย่างรุนแรงซึ่งจำเป็นต้องทดสอบ และพิจารณาในขั้นต่อไป คะแนนเท่ากับ 3 หมายถึง มีผลกระทบบ้างแต่มีมาตรการรองรับแล้ว คะแนนเท่ากับ 0 หมายถึง ไม่ส่งผลกระทบอย่างใด การให้คะแนนจะใช้หลักการลงมติที่เห็นพ้องต้องกันในแต่ละฝ่าย และถ้าผู้เชี่ยวชาญในฝ่ายใดเห็นว่าหัวข้อใดที่ตัวเองรับผิดชอบน่าจะมีผลกระทบ หัวข้อนั้นก็จะถูกตั้งคะแนนเท่ากับ 9 ในทันที

หัวข้อของผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 9 จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะถูกนำมาเป็นปัจจัยตอบสนองในการออกแบบการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการก่อนนำไปปรับปรุงจริงในระดับการผลิตจริง

6.2.3 การออกแบบการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อออกแบบกระบวนการมาตรฐานใหม่

จากผลการวิเคราะห์แนวทางการแก้ปัญหาในข้อที่ 6.2.1 และ 6.2.2 ผู้วิจัยได้ทดสอบความเป็นไปได้ในการปรับขั้นตอนมาตรฐานตามแนวทางการแก้ปัญหา โดยการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ ปัจจัยตอบสนองตั้งมาจากการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้วิเคราะมาก่อนหน้านี้ ขั้นตอนการทดลองจะทำตามแนวทางการออกแบบการทดลอง และผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ตามหลักสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขั้นตอนการปรับปรุงใดที่ทำแล้วส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายอย่างมีนัยสำคัญจะถูกตัดออกก่อนเสนอผลการปรับปรุงต่อโรงงาน และก่อนการทดสอบในระดับโรงงานจำลอง เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการทดสอบในระดับการผลิตใหญ่ต่อไป

6.2.4 การออกแบบการเครื่องมือช่วยในการควบคุมการทำงาน

การออกแบบเครื่องมือช่วยในการควบคุมงาน ในกรณีที่โรงงานไม่สามารถลงทุนในส่วนนี้ได้มาก ควรจะเริ่มต้นด้วยการใช้เครื่องมืออย่างง่ายเข้ามาควบคุมก่อน โดยที่พนักงานระดับปฏิบัติ

การสามารถเข้าใจในระบบได้ง่าย และพนักงานหลายคนสามารถใช้ร่วมกันได้เพื่อช่วยกันควบคุมให้เป็นไปตามแผนงานซึ่งจะมีประสิทธิภาพกว่าหัวหน้างานเป็นผู้สั่งเพียงผู้เดียว

ถ้าโรงงานมีการใช้ระบบควบคุมที่ยากและซับซ้อนเกินกว่าพนักงานระดับปฏิบัติการเข้าใจได้ ระบบควมคุมนั้นก็จะไม่มีประสิทธิภาพที่ดีพอเพราะพนักงานไม่สามารถทำตามได้และรู้สึกว่าเป็นการเพิ่มภาระงานให้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกการใช้กระดานสื่อสารและตารางควบคุมการทำงานติดอยู่บริเวณที่ทำงาน เพื่อให้เกิดการควบคุมร่วมกันระหว่างพนักงานโดยการมองเห็น (Visual control) แผนงานบนตารางควบคุมการทำงาน และนำไปใช้ในทุกห้องที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เห็นแผนงานเดียวกันและสะดวกต่อการสื่อสาร

6.3 การแก้ไขปัญหาและการสรุปผลการปรับปรุง

6.3.1 ผลการปรับปรุงจากฝ่ายโรงงาน

หลังจากผู้วิจัยได้สรุปผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ และเสนอแนวทางการปรับปรุงต่อทางโรงงานแล้ว ทางโรงงานได้เห็นชอบในการดำเนินงานเพื่อปรับปรุงด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ โดยแบ่งเป็นส่วนที่ต้องปรับปรุงแก้ไขเร่งด่วน และส่วนที่พิจารณาอีกครั้งในงบประมาณการเงินปีหน้า ส่วนที่มีการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน ทางโรงงานพิจารณาจากผลประโยชน์ทางด้านอื่น ๆ ด้วย เช่น

1. การปรับปรุงด้านอุปกรณ์ เครื่องจักรนั้น สามารถใช้ได้หลายจุดและส่งผลกระทบสูง เช่น การติดตั้งหม้อต้มน้ำร้อน
2. การปรับปรุงด้านอุปกรณ์ เครื่องจักรนั้น สามารถลดของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานได้ เช่น การติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็น
3. การปรับปรุงด้านอุปกรณ์ เครื่องจักรสามารถลดหน้าที่คนได้เช่นการใช้เครื่องวิเคราะห์เกลือ แทนการวิเคราะห์ด้วยพนักงานและย้ายพนักงานนั้นไปช่วยด้านอื่นแทน

นอกจากนี้ ยังเริ่มการปรับปรุงเกี่ยวกับการสลับหน้าที่ของพนักงาน ได้แก่การปรับปรุงให้พนักงานทำหน้าที่แทนกันเพื่อลดความรอคอยและสื่อสารหลายขั้นตอน และการปรับเปลี่ยนเวลาพักของพนักงานให้ไม่ตรงกัน เป็นต้น

หลังจากทราบผลการพิจารณาทางโรงงาน ทางผู้วิจัยได้นำไปศึกษาต่อในระดับโรงงานจำลองตามข้อ 6.3.2

6.3.2 ผลการทดสอบในระดับโรงงานจำลอง

ทางผู้วิจัยได้ทดสอบทั้งกระบวนการในส่วนการผสมซอสในระดับโรงงานจำลองต่อ เพื่อคาดคะเนเวลาทั้งหมดที่ลดได้ และเพื่อยืนยันผลวิเคราะห์ทางคุณภาพว่าต้องอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดเดิม

จากการทดลองในระดับโรงงานจำลองเฉพาะเวลาในส่วนการผสมซอสพบว่า เวลาสามารถลดได้จาก 134 นาทีเหลือ 80 นาที คิดเป็น 40.3% ของเวลาที่ลดได้ ซึ่งผลจากการคาดคะเนนี้พบว่า การปรับปรุงวิธีมาตรฐานในกระบวนการผลิตสามารถลดเวลาในกระบวนการได้อย่างมาก แต่สำหรับในสายการบรรจุต้องทดสอบต่อในระดับการผลิตจริงต่อไปในระดับโรงงานจริง สำหรับผลการวิเคราะห์คุณภาพ ค่าทางเคมี จุลชีววิทยา ประสาทสัมผัสยังอยู่ภายในข้อกำหนดผลิตภัณฑ์สุดท้ายเช่นเดิม

6.3.3 ผลการลดเวลามาตรฐานจากการทดสอบในระดับการผลิตจริง

หลังจากผ่านการทดสอบในระดับโรงงานจำลอง และทางโรงงานได้ปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆในโรงงานเรียบร้อยแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทดสอบต่อในระดับผลิตจริงรวมทั้งส่วนของการผสมซอสและส่วนของการบรรจุ เพื่อตั้งค่าเวลามาตรฐานใหม่และเพื่อยืนยันผลวิเคราะห์ทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ว่าต้องอยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนด นอกจากนี้ผลที่จากการทดสอบนี้ ใช้เพื่อประเมินทางคุณภาพ และขออนุมัติเปลี่ยนแปลงการผลิต วิธีและเวลาทั้งหมดแต่ละขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงเป็นไปตามตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 วิธีและเวลามาตรฐานแต่ละขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

วิธีการทำงานก่อนการปรับปรุง				วิธีการทำงานหลังการปรับปรุง			
ขั้นตอนตามวิธีการปัจจุบัน	การทำงาน		เวลามาตรฐาน (นาที)	ขั้นตอนตามแนวทางการปรับปรุง	การทำงาน		เวลามาตรฐาน (นาที)
	คน	เครื่องจักร			คน	เครื่องจักร	
ล้างหม้อผสมซอส	○		10	ล้างหม้อผสมซอส	○		10
ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	20	ฆ่าเชื้อหม้อผสมซอส	○	○	10
เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		5	เคลื่อนย้ายวัตถุดิบ	⇨		5
ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		5	ตรวจสอบน้ำหนักและจำนวนวัตถุดิบ	□		5
ผสมครั้งที่ 1	○	○	20	ใส่ซอส และแป้ง		○	10
กวนแป้ง (10 นาที)		○	10	ผสมครั้งที่ 1	○	○	15
ผสมครั้งที่ 2	○	○	30	ใส่น้ำร้อนและผสมครั้งที่ 2	○	○	15
ให้ความร้อนถึง 85 °C		○	90	ให้ความร้อนถึง 85 °C		○	50

ตารางที่ 6.2 (ต่อ) วิธีและเวลามาตรฐานแต่ละขั้นตอนการทำงานเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

ขั้นตอนตามวิธีการปัจจุบัน	การทำงาน		เวลามาตรฐาน (นาที)	ขั้นตอนตามแนวทางการปรับปรุง	การทำงาน		เวลามาตรฐาน (นาที)
	คน	เครื่องจักร			คน	เครื่องจักร	
รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที		○	15	รักษาอุณหภูมิ 85°C เป็นเวลา 15 นาที		○	20
เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) รอให้ซอสเย็นถึง 50 °C		○	120	เปิดน้ำหล่อเย็น (อุณหภูมิห้อง) รอให้ซอสเย็นถึง 75 °C		○	30
ผสมครั้งที่ 3	○	○	10	เปิดน้ำหล่อเย็น (5°C) รอให้เย็นถึง 60 °C			30
รอให้ซอสเย็นถึง 40 °C		○	90	ผสมครั้งที่ 3	○	○	10
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	รอให้ซอสเย็นถึง 45 °C		○	40
วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		30	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10
ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		30	วิเคราะห์ค่าเคมี และค่าทางประสาทสัมผัส	□		20
ส่งซอสจากหม้อผสมไปถังเก็บ	⇨	⇨	30	ล้างถังเก็บซอสก่อนบรรจุ	○		30
				ส่งซอสจากหม้อผสมไปถังเก็บ	⇨	⇨	30
ล้างหัวบรรจุและต่อข้อต่อ	○		20	ล้างหัวบรรจุ และต่อข้อต่อ	○		20
การใช้ซอสชะท่อบรรจุ และตรวจสอบความเที่ยงตรง	□		20	ตรวจสอบความเที่ยงตรงจากการใช้ซอสชะท่อบรรจุ 5 kg	□		10
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10				
วิเคราะห์ค่าเกลือ	□		10				
บรรจุซอสลงขวด	○	○	280	บรรจุซอสลงขวด	○	○	250
บรรจุหีบห่อ	○	○	280	บรรจุหีบห่อ	○	○	250
ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10	ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ	⇨		10
วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทาง	□		5 วัน	วิเคราะห์ค่าเคมี ค่าทางประสาทสัมผัส และค่าทาง	□		5 วัน
ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า	▽		-	ส่งผลิตภัณฑ์ไปยังศูนย์กระจายสินค้า	▽		-

จากการทดสอบในระดับการผลิตจริงพบว่าเวลาในขั้นตอนการผสมซอสเมื่อผลิต 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 15.2 ชั่วโมง เหลือเพียง 10.2 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 33% และเวลาการบรรจุซอสเมื่อบรรจุ 2 หม้อผสมต่อวันสามารถลดเวลามาตรฐานลงได้จาก 11.3 ชั่วโมง เหลือเพียง 10 ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ลดได้เท่ากับ 12% โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายยังอยู่ภายใต้ข้อกำหนดเดิม

ผลจากการทดสอบนี้ผู้วิจัยได้นำไปเปลี่ยนแปลงมาตรฐานวิธีการผลิตซอสซนิด A สำหรับขนาดการผสม 3,600 กิโลกรัม และ ขนาดบรรจุ 200 มิลลิตรต่อขวดเพื่อใช้ในการผลิตจริงต่อไป ดังรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน **การผลิตซอสชนิด A** **ขั้นตอนการผสมซอส**

วันที่เริ่มใช้ : **ขนาดผสม:** 3,600 kg

รูปที่ 6.1 มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานในขั้นตอนการผสมซอสชนิด A ขนาดผสม 3,600 กิโลกรัม

มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน **การผลิตซอสชนิด A** **ขั้นตอนการบรรจุซอส**

วันที่เริ่มใช้ : **ขนาดขวดบรรจุ**: 200 มิลลิตร

รูปที่ 6.2 มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงานในขั้นตอนการบรรจุซอสชนิด A ขนาดขวดบรรจุ 200 มล.

นอกจากนี้ หลังการปรับปรุงกระบวนการมาตรฐานนอกจากจะสามารถลดรอบเวลาการผลิตแล้ว ซึ่งส่งผลให้ลดค่าล่วงเวลาพนักงาน ค่าพลังงานส่วนต่างๆ และยังช่วยลดกำลังคนที่ใช้ในบางหน้าที่ และลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตอีกด้วย

6.3.4 ผลการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิตจริง

หลังจากกระบวนการผลิตใหม่ได้ผ่านการประเมินคุณภาพจากฝ่ายประกันคุณภาพ (Quality Assurance) เพื่อขออนุมัติเปลี่ยนวิธีการผลิต เพื่อทดสอบผลของการลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการผลิตจริง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลหลังจากเริ่มมีการผลิตไปแล้ว 2 สัปดาห์ เนื่องจากช่วงแรกพนักงานยังอยู่ในช่วงเรียนรู้ขั้นตอนและระบบควบคุมการทำงานแบบใหม่อยู่ และเก็บผลใน 2 สัปดาห์ถัดมาทั้งหมด 10 รอบการผลิต

จากการเก็บข้อมูลเวลาการผลิต 10 รอบ ตามมาตรฐานวิธีการผลิตใหม่และมีการใช้ระบบควบคุมการทำงานพบว่าเวลาเฉลี่ยจากการปฏิบัติงานจริงสามารถทำได้ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานใหม่ที่กำหนดไว้ การทำงานเป็นไปโดยปกติ และ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับผลการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของเวลาจากค่าความผันแปร (Standard deviation) พบว่า ค่าความผันแปรของเวลาโดยรวม ลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% การลดลงของความคลาดเคลื่อนของเวลาในการผลิตเกิดจากหัวข้อหลักดังต่อไปนี้

1. การใช้ระบบการทำงานที่มีการระบุหน้าที่ และเวลาการทำงานอย่างชัดเจน และใช้หลักการการควบคุมด้วยการมองเห็น
2. การจัดสรรหน้าที่พนักงาน โดยใช้พนักงานสามารถทำหน้าที่แทนกันได้ เพื่อลดการรอคอย และลดการสื่อสารหลายขั้นตอน
3. การปรับปรุงด้านอุปกรณ์ให้เป็นระบบอัตโนมัติ และมีการปรับปรุงด้านผังโรงงานให้ง่ายต่อการทำงานและง่ายต่อการขนส่งมาขึ้น
4. การจัดการระบบ 5 ส เพื่อลดการค้นหา เช่นการจัดเรียงลำดับและการทำป้ายบ่งชี้

อย่างไรก็ตามผลการทดสอบความคลาดเคลื่อนของเวลาการผลิตจริง ยังพบค่าความผันแปรสูงกว่า 5 อยู่ ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดปัญหาตั้งแต่แรก มีอยู่ 3 จุดคือ การส่งตัวอย่างวิเคราะห์โดยพนักงานห้องผสมซอส ขั้นตอนการบรรจุซอสลงขวด และขั้นตอนการบรรจุซอสลงหีบห่อ ที่ ดังนั้นต้องมีการแก้ไขต่อไป

6.4 ประโยชน์อื่น ๆ ที่ได้รับหลังการปรับปรุง

6.4.1 ต้นทุนการผลิตลดลง

ต้นทุนคงที่และค่าแรงงานรวมลดลงหลังการปรับปรุงมาตรฐานการปฏิบัติงาน อันเนื่องมาจาค่าพลังงาน ค่าน้ำ ค่าแรงงานพนักงานในสายการผลิต ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ต้นทุนคงที่และค่าแรงงานรวม เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง

รายการ	ต้นทุน (บาท/กิโลกรัม)	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ต้นทุนคงที่ รวมค่าแรงงาน ส่วนผสมซอส	5.58	4.66
ต้นทุนคงที่ รวมค่าแรงงาน ส่วนบรรจุและบรรจุหีบห่อ	13.40	12.05
ต้นทุนคงที่และค่าแรงงานรวม	18.98	16.71

เมื่อคำนวณต้นทุนคงที่และค่าแรงงานรวมที่ลดได้จากการปรับปรุงนี้โดยคำนวณจากยอดการประมาณการขายสินค้าในปี พ.ศ.2553 จะคิดเป็นต้นทุนที่ลดไปได้ประมาณ 1,900,000 บาทต่อปี

6.4.2 การใช้หลักการนี้กับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เพื่อรองรับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

หลังจากที่ได้ทดลองใช้แนวทางการปรับปรุงมาตรฐานในกระบวนการผลิตซอสชนิด A แล้ว ผู้วิจัยได้มีโครงการที่ใช้หลักการนี้กับผลิตภัณฑ์ที่เหลือชนิดอื่นๆ อีกในโรงงาน เพื่อให้เวลาโดยรวมทั้งหมดลดลง และโรงงานมีกำลังการผลิตเหลือสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ๆ ต่อไป ซึ่งเป็นผลให้บริษัทมีโอกาสการเติบโตเพิ่มขึ้นในอนาคตโดยการเพิ่มจำนวนผลิตภัณฑ์ โดยที่โรงงานไม่จำเป็นต้องเพิ่มพนักงาน และเครื่องจักรเช่นหม้อผสมเพิ่มเติม

6.5 ปัญหาที่พบและข้อจำกัด

1. การปรับปรุงจากทางโรงงานและค่าใช้จ่ายในการทดลองต้องอยู่ภายในปีงบประมาณของโรงงาน ทำให้เกิดความล่าช้าในการขออนุมัติปรับปรุงและขออนุมัติทดลอง อีกทั้งผลิตภัณฑ์จากการทดลองต้องทำลายทิ้งตามหลักเกณฑ์ของโรงงานทำให้ไม่สามารถทดสอบใหม่ได้อีก

2. แนวทางการปรับปรุงด้านการลดความร้อนสูงสุด และเวลารักษาความร้อนสูงสุด ทางผู้วิจัยจำเป็นต้องทำการทวนสอบการด้านจุลินทรีย์ที่เหลือรอดจากกระบวนการซึ่งใช้เวลาส่งตรวจและค่าใช้จ่ายสูง ประกอบกับ เวลาในส่วนนี้ไม่ใช่เวลาที่เป็นปัญหามาก ผู้ทดลองจึงข้ามการปรับปรุงในส่วนนี้ไป

6.6 ข้อเสนอแนะต่อโรงงาน การวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมต่อไป

จากการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยมีแนวคิดเพิ่มเติมต่อไปในบางประเด็นดังนี้

1. จากการสังเกตุการทำงานพบว่าการในการทำงานถึงจะมีวิธีการมาตรฐานแล้ว แต่งานที่ขึ้นกับลักษณะการทำงานส่วนบุคคลยังมีความแตกต่างกัน เช่นในสายการบรรจุซอสยังพบปัญหาในการทำงานที่ก่อให้เกิดของเสียคือ ฉลากเกิดการบิดเบี้ยวหลังจากผ่านเครื่องอบลมร้อนเนื่องจากลักษณะการครอบฉลากไม่ดี หรือในสายการผลิตอื่น ๆ พบว่าความเร็วของการทำงานของแต่ละบุคคลในการทำงานไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการลักษณะทำงานของแต่ละบุคคล ดังนั้นควรให้พนักงานที่สามารถทำงานได้ของเสียออกมาน้อยและทำงานได้เร็ว มาถ่ายทอดวิธีและประสบการณ์ให้พนักงานคนอื่น ๆ ตามขั้นตอนการจัดทำองค์ความรู้ (Knowledge management) เพื่อพัฒนาความสามารถของพนักงานคนอื่น ๆ ร่วมกันในโครงการต่อไป
2. ถ้าโรงงานใดมีกำลังการผลิตที่สูงมากและต้องการจัดทำเป็นระบบต่อเนื่องควรทดลองการปรับเปลี่ยนวิธีการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ จากวิธีการใช้ไอน้ำให้ความร้อนแก่หม้อผสมสองชั้น (Steam Jacket Agitator) ซึ่งวิธีการถ่ายเทความร้อนที่ช้า ควรทดสอบเปลี่ยนเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ (Shell and Tube Heat Exchanger) หรือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger) ที่สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีกว่ามาก และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้สูง
3. ถึงแม้ว่างานวิจัยครั้งนี้จะเน้นไปที่การลดเวลามาตรฐานในการผลิต และลดความคลาดเคลื่อนของเวลาการผลิต แต่ลักษณะการทำงานส่วนใหญ่ขึ้นกับลักษณะการทำงานของบุคคล ซึ่งส่งผลให้ความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงานยังพบได้สูงอยู่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น ถ้ามีการใช้หลัก ECRS และแผนภูมิก้างปลา ร่วมกับการออกแบบและติดตั้ง ระบบการทำงานอัตโนมัติ แทนการทำงานของคนในบางหน้าที่ เช่นการติดตั้งระบบ Barcode ระบบ การบรรจุขวดอัตโนมัติทั้งสายการผลิต ซึ่งจะสามารถลดเวลา ลดความคลาดเคลื่อน และลดการทำงานของคนไปได้มาก ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างสูงกับโรงงานที่มีการผลิตสูงและเป็นระบบการทำงานแบบต่อเนื่อง (Continueous process)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 1.. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

จุฑาทิพย์ ทะประสพ. การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ชญานี หวังประดิษฐ์. การลดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการตัดแต่งเลนส์แว่นตา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

นิพนธ์ บัวแก้ว. รู้จักระบบการผลิตแบบลีน (Introduction to Lean Manufacturing) กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2547.

ธันยพร มะโนประเสริฐกุล. การพัฒนารหัสตัวบ่งชี้ เพื่อลดเวลาสูญเปล่าในสายการผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ปราณี อ่านเปรื่อง. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภาวิณี อาจปรุ. การลดเวลาสูญเปล่าในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ. การพัฒนาต้นแบบในการลดความสูญเปล่า 7 ประการสำหรับวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อม: กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องสำอาง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรม อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

วันชัย ริจิรวนิช. การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิรุทธ์ สิมเสมอ. การปรับปรุงกำลังการผลิตของเครื่องรีโฟล์ว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549

สุชาติ แซ่แต้. การปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อแรงเสียดทานของกล่องกระดาษลูกฟูก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สุรพล สุรบรรเจิดพร. การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเชื่อมดีบุก-ตะกั่วบนแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Amerine, M.A and Roessler E.B. Wines :Their Evaluation.Second edition. San Francisco: Freeman, 1983.

Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16 th edition. Washington D.C. : AOAC International, 1995.

Codex alimentarius commission. Food Additive Index [Online]. 2009. Available from : http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/additives/index.html. [2009, Nov 15]

Kanawaty, G. Introduction to Work Study. Fourth Edition. Geneva: International Labour Office, 1992.

Krafcik, J.F. Triumph of the lean production system. Sloan Management Review 30 (Fall 1988) : 41–52.

Ohno, Taiichi. Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Productivity Press Inc., 2002.

Shingo, Shigeo. A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. Productivity Press Inc., 1989.

Womack, J.P., Jones, D.T. Lean Thinking. New York : Simon & Schuster, 1996.

Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production. New York : Rawson and Associates, 1990.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

ก.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ตามวิธี AOAC (1995)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
2. ถ้วยอะลูมิเนียม
3. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. โถดูดความชื้น

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 5 ± 1 กรัม ใส่ในถ้วยอะลูมิเนียมซึ่งผ่านการอบแห้ง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน
2. นำตัวอย่างเข้าอบแห้งในตู้อบโดยควบคุมอุณหภูมิ 105 ± 1 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาไว้ 4 ชั่วโมง
3. ปิดฝาภาชนะในขณะที่ยังอยู่ในตู้อบ แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก
4. คำนวณหาความชื้นจากสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

ก.2 การวิเคราะห์ปริมาณโนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ตามวิธี AOAC (1995)

อุปกรณ์

1. ชุดวิเคราะห์โปรตีน (BUCHI ประกอบด้วย Digestion unit, Distillation unit, Scrubber)
2. เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (A.R. grade)
2. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริค (A.R. grade) ความเข้มข้น 0.1 N
3. สารละลายกรดบอริก (A.R. grade) ความเข้มข้น 4 % (w/v)
4. Selenium reagent mixture (A.R. grade)
5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (A.R. grade) ความเข้มข้น 35 % (w/v)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์ เตรียมโดยผสมสารละลาย methylene blue 0.2 % ในแอลกอฮอล์แล้วกรอง 25 มิลลิลิตร กับสารละลาย methyl red 0.2 % ในแอลกอฮอล์ 50 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างให้มีน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 2 กรัม ใส่ใน Kjeldahl tube
2. เติม Selinium mixture เพื่อเร่งปฏิกิริยาประมาณ 5 กรัม และกรดซัลฟูริคเข้มข้น 20-25 มิลลิลิตร
3. นำตัวอย่างไปย่อยด้วยเครื่อง Buchi Digestion Unit โดยใช้ความร้อนเบอร์ 8 และปิดฝาด้านบนที่ต่อเข้ากับเครื่องดูดไอกรด (scrubber) ย่อยตัวอย่างจนส่วนผสมในหลอดย่อยกลายเป็นสีเขียวใส และทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
4. นำฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่หยดสารละลายอินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยด ต่อเข้ากับปลาย Condenser ของเครื่องกลั่น (distillation unit)
5. นำหลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เลือกโปรแกรม distillation ย่อยเป็นเวลา 6 นาที
6. ในระหว่างการกลั่นจะเกิดแอมโมเนียขึ้น แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริกจะได้สารละลายสีเขียวเมื่อกลั่นครบตามกำหนดเวลา
7. ล้างส่วนปลายของ Condenser ด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในฟลาสก์ที่รองรับสิ่งที่กลั่นได้
8. นำสารละลายที่กลั่นได้ในฟลาสก์ทั้งหมดมาไตเตรตด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริคมาตรฐาน ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ (end point) เป็นสีม่วงแดง
9. ทำ Blank แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง และวิเคราะห์เช่นเดียวกับตัวอย่าง
10. คำนวณหาปริมาณโปรตีน โนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

$$\text{โนโตรเจนทั้งหมด (\%)} = \frac{(Va-Vb) \times N \times 1.4}{\text{น้ำหนักตัวอย่างแห้ง (กรัม)}}$$

เมื่อ Va คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

Vb คือ ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรต blank (มิลลิลิตร)

N คือ ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริคที่ใช้ไตเตรต มีหน่วยเป็น Normal

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก.3 ความเป็นกรด-ด่าง ตามวิธีของ AOAC 943.02 (1995)

อุปกรณ์

เครื่องวัด pH (Mettler Toledo)

วิธีทดลอง

1. ปรับมาตรฐาน (calibrate) เครื่องวัด pH ด้วย standardized pH buffer โดยใช้ pH 7.00 pH 4.01 และ pH 9.00 ตามลำดับ ที่อุณหภูมิ 25 ^{o}C
2. ใส่ตัวอย่างในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
3. วัดค่า pH ของตัวอย่างโดยใช้เครื่องวัด pH
4. บันทึกค่าที่อ่านได้

ก.4 การวัดเกลือด้วยวิธีไตเตรทด้วยเครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Auto Titrator) **ตามมาตรฐานการปฏิบัติงานของโรงงาน**

อุปกรณ์

เครื่องไตเตรทอัตโนมัติ (Auto Titrator) (Mettler Toledo Model DL50)

วิธีทดลอง

1. ปรับมาตรฐานของเครื่อง (Calibrate) ด้วยการชั่ง NaCl (A.R. grade) น้ำหนักประมาณ 0.03 -0.07 กรัม ลงในถ้วยสำหรับไตเตรท จากนั้นเติมน้ำบริสุทธิ์ 50 มิลลิตร ประกอบถ้วยเข้ากับตัวเครื่อง
2. กดปุ่มเครื่องโดยเลือก "Standardize method" เพื่อไตรเตรทกับ $AgNO_3$ 0.1 mM
3. รอกระทั่งเครื่องวัดตัวอย่างจนถึงจุดยุติ ค่า% เกลือที่แสดงบนหน้าจอควรมีค่าไม่เกิน 1±0.05
4. เริ่มเตรียมตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์โดยการชั่งตัวอย่าง 1-2 กรัม ลงในถ้วยสำหรับไตเตรท และเติมน้ำบริสุทธิ์ปริมาณ 50 มิลลิตร
5. ประกอบถ้วยเข้ากับตัวเครื่อง
6. กดเลือก User method 2 และใส่ค่าน้ำหนักที่แน่นอนเพื่อไตรเตรทกับ $AgNO_3$ 0.1 mM
7. รอกระทั่งเครื่องวัดตัวอย่างจนถึงจุดยุติ
8. จดค่า %เกลือที่วัดได้

ก.5 การวัดปริมาณของแข็งที่ละลายทั้งหมด (Total Soluble Solid) **ด้วยเครื่องวัดค่าบริกซ์** (Brix Meter) **ตามวิธีมาตรฐานการปฏิบัติงานของโรงงาน**

อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าบริกซ์ (Brix Meter) (ATAGO)

วิธีทดลอง

1. ใช้น้ำกลั่นหยดใส่หลุมวัดค่า แล้วกด START เพื่อเป็นการปรับมาตรฐาน (Calibrate)
2. ตรวจสอบค่าที่อ่านจะต้องเท่ากับ 0.00
3. หยดสารละลายตัวอย่างใส่หลุมโดยที่ต้องไม่ให้เกิดฟองอากาศและควบคุมอุณหภูมิที่ 25^{o}C
4. บันทึกค่าที่อ่านได้

ก.6 การใช้เครื่องวัดความหนืด

อุปกรณ์

เครื่อง Brookfield viscometer DV–II+ Pro

วิธีทดลอง

1. เปิดเครื่องและรอให้เครื่องปรับมาตรฐาน (Calibrate) อัตโนมัติ
2. ตั้งค่าเบอร์เข็มที่เครื่องเท่ากับ 61 และ ตั้งความเร็วรอบที่ 20 rpm
3. ใส่ตัวอย่างปริมาณ 500 ml ลงในบีกเกอร์ 600 ml
4. ใส่เข็มวัดเข้าที่ตัวเครื่องและจุ่มเข็มลงให้พอดีขีดที่กำหนด
5. เปิดเครื่องให้เข็มหมุน เริ่มจับเวลา
6. เมื่อเวลาครบ 1 นาทีให้อ่านค่าความหนืด และหยุดเครื่อง

ก.7 การใช้กล้องจุลทรรศ์แบบดิจิตอล Digital Microscope

อุปกรณ์

เครื่องจุลทรรศน์ดิจิตอล Digital Microscope (KEYENCE, VHX-600)

วิธีทดลอง

1. เปิดเครื่อง และใส่แผ่นโพลาลอยด์กั้นตรงแสงผ่าน
2. ปรับแสงให้ได้เหมาะสม
3. นำตัวอย่างวางบนแผ่นสไลด์เกลี่ยให้กระจาย และปิดทับด้วยแผ่นสไลด์อีกครั้ง
4. วางตัวอย่างลงบนแท่นฉาย
5. ปรับกำลังขยายไปที่ 100 เท่า และปรับภาพให้ชัดโดยใช้ปุ่มปรับภาพหยาบ
6. เมื่อภาพชัดแล้วให้เพิ่มกำลังขยายไปที่ 700 เท่า และปรับภาพให้ชัดโดยเครื่องปรับละเอียด
7. เมื่อได้ภาพที่ต้องการแล้วให้กดบันทึกภาพ
8. ใช้คำสั่งการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง กดสุ่มวัดขนาดเม็ดแป้งตามจำนวนต้องการ
9. บันทึกค่าเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งหมดที่วัดได้

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการประเมินทางประสาทสัมผัส

ข.1 การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ทางประสาทสัมผัสโดยพนักงานควบคุมคุณภาพ

ตามวิธีมาตรฐานการปฏิบัติงานของแผนกควบคุมคุณภาพกำหนดไว้ดังนี้

สิ่งแวดล้อม

1. สถานที่ทดสอบเป็นชิมตัวอย่างในห้องปรับอากาศ เงียบไม่มีสิ่งรบกวน เช่น เสียง และกลิ่น
2. สีและแสงของหลอดนีออนภายในห้องทดสอบควรช่วยให้เห็นตัวอย่างชัดเจน

พนักงานทดสอบประสาทสัมผัส

1. เป็นพนักงานที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกทางประสาทสัมผัส
2. ได้รับการทวนสอบทางประสาทสัมผัสทุกปี
3. ไม่สูบบุหรี่
4. ไม่ทานกาแฟก่อนการชิมตัวอย่างอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

การเตรียมตัวอย่าง

1. ตรวจสอบจากตัวอย่างโดยตรง
    a. ตรวจสอบผลิตภัณฑ์โดยเทใส่ภาชนะถ้วยแก้วขนาดเล็กไม่มีกลิ่น จำนวน 15 กรัม
    b. ตรวจสอบลักษณะปรากฏ สี และกลิ่น เทียบกับตัวอย่างมาตรฐานที่อุณหภูมิเท่ากัน (25°C) ปริมาณเท่ากัน และภาชนะแบบเดียวกัน
2. ตรวจจากสารละลาย
    a. เทผลิตภัณฑ์ลงในถ้วยบีกเกอร์ใส ปริมาณ 10 กรัม ละลายน้ำร้อน 70-80 °C ปริมาตร 90 มิลลิลิตร คนละลายให้เข้ากัน
    b. ตรวจสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานจากการเตรียมตัวอย่างและภาชนะแบบเดียวกัน
3. ให้คะแนนโดย 0 หมายถึงผลิตภัณฑ์เหมือนกับตัวอย่างมาตรฐาน
   1 หมายถึงผลิตภัณฑ์แตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานเล็กน้อยแต่ยอมรับได้
   2 หมายถึงผลิตภัณฑ์แตกต่างจากตัวอย่างมาตรฐานแต่ยอมรับไม่ได้
   (เกณฑ์การตัดสินให้ 1 หรือ 2 มาจากหัวหน้าแผนก)
4. ตัวอย่างมาตรฐานควรมีการเปลี่ยนอย่างน้อยทุกเดือนและ ผลิตภัณฑ์ที่จะเปลี่ยนเป็นตัวอย่างได้ต้องได้คะแนน 0 ในทุกๆหัวข้อ ตัวอย่างมาตรฐานจะถูกเก็บอยู่ในขวดทึบในตู้เย็น 5°C

ข.2 การคัดเลือกนักชิมทางประสาทสัมผัส (Panel selection)

ตามวิธีมาตรฐานการปฏิบัติงานของแผนกวิจัยและพัฒนากำหนดไว้ดังนี้

1. คัดเลือกกลุ่มคนที่เข้าทำการทดสอบ

   1.1 ควรเป็นผู้ที่ยังไม่ผ่านการทดสอบหรือ ผ่านการทดสอบมาแล้ว 3 ปีสำหรับพนักงานทั่วไป หรือ ผ่านการทดสอบมาแล้ว 1 ปีสำหรับพนักงานควบคุมคุณภาพและพนักงานฝ่ายวิจัยและพัฒนา

   1.2 ผู้ทดสอบควรเป็นผู้มีสุขภาพที่ดี ควรละเว้นการทดสอบกับผู้ที่เป็นโรคทางเดินหายใจ

   1.3 ควรละเว้นการสูบบุหรี่และดื่มกาแฟก่อนการทดสอบ 1-2 ชั่วโมง

   1.4 ควรละเว้นการเคี้ยวหมากฝรั่ง หรืออมลูกกวาด

2 สิ่งแวดล้อม

   2.1 สถานที่ทดสอบเป็นชิมตัวอย่างในห้องปรับอากาศ เงียบไม่มีสิ่งรบกวน เช่น เสียง และกลิ่น

   2.2 ควรแยกบริเวณที่ทดสอบออกจากบริเวณที่เตรียมตัวอย่าง

   2.3 มีบริเวณทดสอบลักษณะเป็นช่องกั้น หรือบูท (booth) เพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างผู้ทดสอบตามรูปที่ ข-1

รูปที่ ข-1 ลักษณะสถานที่ชิมตัวอย่าง

   2.4 ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบ ควรเป็นเวลา 10.00 น. และ 15.00 น.

   2.5 ช่วงเวลาที่ไม่ควรทดสอบ คือ ช่วงก่อนการรับประทานอาหาร 1 ช.ม. และหลังการรับประทานอาหาร 2 ช.ม

3 หัวข้อการทดสอบ

   3.1 การทดสอบความสามารถในการรับรสชาติพื้นฐาน 5 รส (รสเปรี้ยว หวาน เค็ม ขม และอูมามิ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การทดสอบความสามารถในการแยกระดับความเข้มข้นของรสชาติ

3.3 การทดสอบความสามารถในการบอกความแตกต่างของรสชาติ

4 ประเมินผลการคัดเลือกและแยกกลุ่ม

ผลการประเมินและเกณฑ์การผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสแสดงดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 แสดงเกณฑ์การผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชุดการสอบที่	เกณฑ์การผ่านการทดสอบ
<u>การทดสอบชุดที่ 1 (8 ข้อ)</u> การทดสอบความสารถในการรับรสชาติพื้นฐาน 5 รส (รสเปรี้ยว รสหวาน รสเค็ม รสขม และรสอูมามิ)	ตอบถูกมากกว่าหรือเท่ากับ 5 ข้อ
<u>การทดสอบชุดที่ 2 (4 ข้อ)</u> การทดสอบความสามาถในการแยกแยะระดับความเข้มข้นของรสชาติ	ตอบถูกมากกว่าหรือเท่ากับ 3 ข้อ
<u>การทดสอบชุดที่ 3 (3 ข้อ)</u> การทดสอบความสามารถในการบอกความแตกต่างของรสชาติ	ตอบถูกมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อ

เกณฑ์การจัดกลุ่มเพื่อแบ่งระดับความสามารถในการรับรส

กลุ่มที่ 1: ผู้ทดสอบจะต้องผ่านการทดสอบทั้งหมด 3 ชุด

กลุ่มที่ 2 : ผู้ทดสอบจะต้องผ่านการทดสอบความสามารถในการรับรสชาติพื้นฐาน และผ่านการการทดสอบความสามารถในการบอกความแตกต่างของรสชาติ

กลุ่มที่ 3 : ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการทดสอบความสามารถในการรับรสชาติพื้นฐาน

พนักงานควบคุมคุณภาพ และพนักงานวิจัยและพัฒนา จะต้องตกอยู่ในกลุ่มที่ 1

พนักงานที่อยู่กลุ่มที่ 1 และ 2 จะบันทึกในรายชื่อในผู้ผ่านการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อใช้ในการทางประสาทสัมผัสเพื่อการวิจัยและพัฒนาต่อไป

ข.3 ขั้นตอนการทดสอบประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม (Triangle test)

ตามวิธีมาตรฐานการปฏิบัติงานของแผนกควบคุมคุณภาพกำหนดไว้ดังนี้

สิ่งแวดล้อม

1. สถานที่ทดสอบเป็นชิมตัวอย่างในห้องปรับอากาศ เงียบไม่มีสิ่งรบกวน เช่น เสียง และกลิ่น
2. ควรแยกบริเวณที่ทดสอบออกจากบริเวณที่เตรียมตัวอย่าง
3. มีบริเวณทดสอบลักษณะเป็นช่องๆ หรือบูท (booth) เพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างผู้ทดสอบ
4. ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบ ควรเป็นเวลา 10.00 น. และ 15.00 น.
5. ช่วงเวลาที่ไม่ควรทดสอบ คือ ช่วงก่อนการรับประทานอาหาร 1 ช.ม. และหลังการรับประทานอาหาร 2 ช.ม

ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ (sample)

ต้องมีการควบคุมเพื่อประกันว่า ผลที่ได้เกิดจากสิ่งทดลองเท่านั้น และเพื่อลดอคติในการทดสอบชิม ตัวอย่างที่ใช้ทดสอบต้องคำนึงถึง 3 ส่วน คือ

1. **การสุ่มตัวอย่าง** (sampling)
2. **การเตรียมตัวอย่าง** (preparation of sample)

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ

2.1 การควบคุมวิธีการทดสอบ เช่น ตัวอย่างต้องเก็บในตู้เย็นจะต้องไม่มีกลิ่นรสอื่นมาปนเปื้อนในตัวอย่าง

2.2 ความเที่ยงตรงของเครื่องชั่ง กระบอกตวง ช้อนตวง

2.3 ควบคุมเวลาและอุณหภูมิ โดยต้องทราบเวลาที่น้อยที่สุดและมากที่สุดที่ตัวอย่างจะเก็บไว้ได้ก่อนเสิร์ฟ

2.4 อุณหภูมิในการเสิร์ฟตัวอย่าง โดยอุณหภูมิของตัวอย่างต้องควบคุมให้อยู่ในลักษณะการบริโภคปกติ

2.5 ปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ทดสอบจะต้องพอเหมาะ

สำหรับการตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นสารละลายตัวอย่าง 10% ในน้ำร้อน 70-80 $^{\circ}C$

3. **ลำดับการนำเสนอตัวอย่าง** (order of presentation)

3.1 ลำดับการนำเสนอตัวอย่างจะต้องใช้การสุ่ม (random) หรือทำให้ลำดับการนำเสนอในแต่ละตัวอย่างเท่ากัน

3.2 สุ่มรหัสเลข 3 ตัวให้กับแต่ละตัวอย่าง

3.3 การนำเสนอตัวอย่าง สุ่มลำดับการนำเสนอโดยการจับฉลากหรือตารางเลขสุ่ม (Random permutation)

3.4 การเลือกรหัสตัวอย่างใช้ตารางเลขสุ่ม (random numbers) โดยใช้ตัวเลข 3 หลัก

3.5 รหัสตัวอย่างที่ภาชนะและในใบรายงานผลจะต้องตรงกัน

ผู้ทดสอบ (Tester / panelist)

1 เป็นผู้ที่มีรายชื่อในผู้ผ่านการประเมินทางประสาทสัมผัส

2 ผู้ทดสอบควรเป็นผู้มีสุขภาพที่ดี ควรละเว้นการทดสอบกับผู้ที่เป็นโรคทางเดินหายใจ

3 ควรละเว้นการสูบบุหรี่และดื่มกาแฟก่อนการทดสอบ 1-2 ชั่วโมง

4 ควรละเว้นการเคี้ยวหมากฝรั่ง หรืออมลูกกวาด

ลำดับการทดสอบ

1 ให้ผู้ทดสอบเข้าไปนั่งห้องชิม

2 แจกแบบทดสอบให้ผู้ทดสอบกรอกรายละเอียดส่วนตัว

3 นำเสนอตัวอย่างเป็นชุด ผ่านช่องส่งตัวอย่างตามรูปที่ ข-2 ลักษณะการนำเสนอตัวอย่าง

รูปที่ ข-2 ลักษณะการนำเสนอตัวอย่าง

4 ผู้ชิมจะได้รับตัวอย่างที่ใส่รหัสตัวเลข 3 หลัก พร้อมกัน 3 ตัวอย่าง โดยมีตัวอย่างที่เหมือนกัน 2 ตัวอย่าง และแตกต่างออกไป 1 ตัวอย่าง ให้ผู้ชิมหาตัวอย่างที่แตกต่างจากตัวอย่างที่เหมือนกันและแสดงคำตอบลงในแบบทดสอบ

ชื่อ..... เพศ..... อายุ .....แผนก & เบอร์ติดต่อ.....

การทดสอบผลิตภัณฑ์

ชุด .....

คำแนะนำ
- ทดสอบผลิตภัณฑ์ 3 ตัวอย่าง ซึ่งมี 2 ตัวอย่างที่เหมือนกัน และ 1 ตัวอย่างที่แตกต่างออกไป
- ให้ทดสอบลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และรสชาติ ของสารละลาย
- ทำเครื่องหมาย X ในแต่ละคำตอบที่ท่านเลือก

1 กรุณาดู สมกลิ่น และชิมรสชาติของตัวอย่างของทั้ง 3 ตัวอย่าง ท่านคิดว่าตัวอย่างใดที่แตกต่างออกไป (เลือกเพียงตัวอย่างเดียว) พร้อมทั้งให้เหตุผล
   XXX ..... เพราะ.....
   XXX ..... เพราะ.....
   XXX ..... เพราะ.....

2. ตัวอย่างที่ท่านเลือกในข้อ 1 แตกต่างจากอีก 2 ตัวอย่างอย่างไร
   ..... มากที่สุด
   ..... มาก
   ..... ปานกลาง
   ..... น้อย

ข้อเสนอแนะและข้อวิจารณ์ .....
.....
.....

ขอบพระคุณที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบถาม

รูปที่ ข-3 แบบทดสอบการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบสามเหลี่ยม

5 รวบรวมผลและประเมินผลด้วยตารางการวิเคราะห์ Binomial Distribution ของ Roessler และคณะ ตามตารางที่ ข-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-2 การวิเคราะห์ Binomial Distribution (Amerine and Roessler,1983)

Number of tasters	Number of correct answers necessary to establish level of significance			Number of tasters	Number of correct answers necessary to establish level of significance		
	*	**	***		*	**	***
	5%	1%	0.1%		5%	1%	0.1%
7	5	6	7	57	27	29	31
8	6	7	8	58	27	29	32
9	6	7	8	59	27	30	32
10	7	8	9	60	28	30	33
11	7	8	9	61	28	30	33
12	8	9	10	62	28	31	33
13	8	9	10	63	29	31	34
14	9	10	11	64	29	32	34
15	9	10	12	65	30	32	35
16	10	11	12	66	30	32	35
17	10	11	13	67	30	33	36
18	10	12	13	68	31	33	36
19	11	12	14	69	31	34	36
20	11	13	14	70	32	34	37
21	12	13	15	71	32	34	37
22	12	14	15	72	32	35	38
23	13	14	16	73	33	35	38
24	13	14	16	74	33	36	39
25	13	15	17	75	34	36	39
26	14	15	17	76	34	36	39
27	14	16	18	77	34	37	40
28	15	16	18	78	35	37	40
29	15	17	19	79	35	38	41
30	16	17	19	80	35	38	41
31	16	18	19	81	36	38	41
32	16	18	20	82	36	39	42
33	17	19	20	83	37	39	42
34	17	19	21	84	37	40	43
35	18	19	21	85	37	40	43
36	18	20	22	86	38	40	44
37	18	20	22	87	38	41	44
38	19	21	23	88	39	41	44
39	19	21	23	89	39	42	45
40	20	22	24	90	39	42	45
41	20	22	24	91	40	42	46
42	21	22	25	92	40	43	46
43	21	23	25	93	40	43	46
44	21	23	25	94	41	44	47
45	22	24	26	95	41	44	47
46	22	24	26	96	42	44	48
47	23	25	27	97	42	45	48
48	23	25	27	98	42	45	49
49	23	25	28	99	43	46	49
50	24	26	28	100	43	46	49
51	24	26	29	200	80	84	89
52	25	27	29	300	117	122	127
53	25	27	29	400	152	158	165
54	25	27	30	500	188	194	202
55	26	28	30	1000	363	372	383
56	26	28	31	2000	709	722	737

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

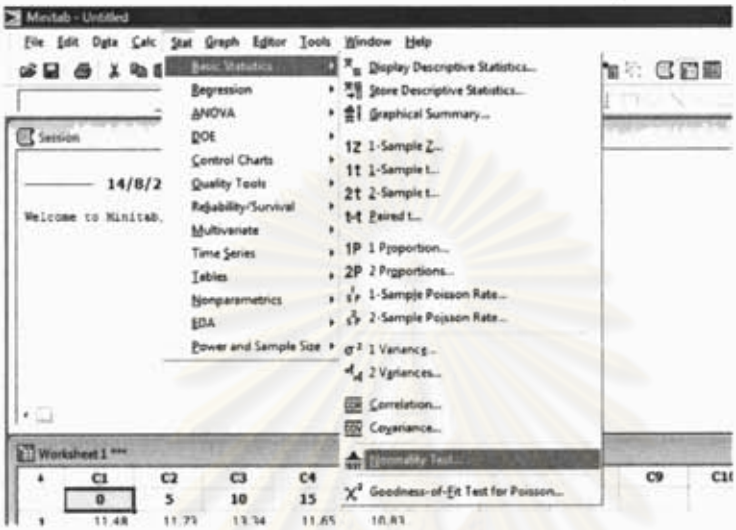
ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

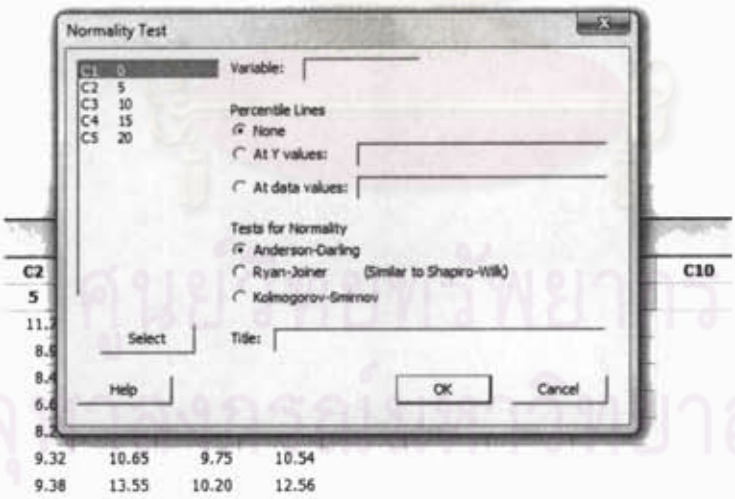
การใช้โปรแกรม MINITAB Version 15 ช่วยในการคำนวณทางสถิติ

ค.1 การทดสอบความปกติของข้อมูล (Normality test)

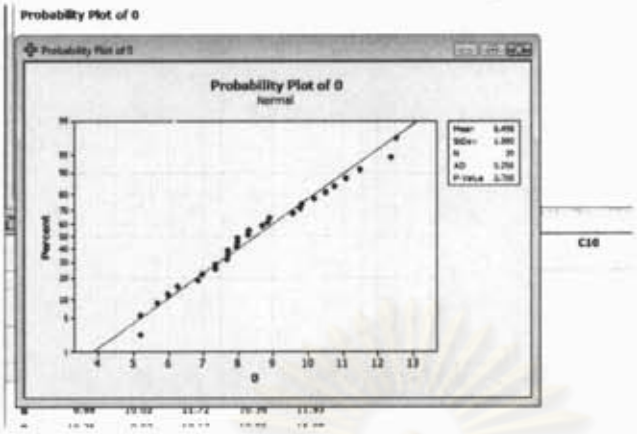
1. กรอกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ใน Worksheet ของโปรแกรม Minitab
2. เลือกหัวข้อง Stat → Basic Statistical → Normality Test...



3. ใส่แถวที่ต้องการวิเคราะห์ลงใน Variable เลือก Tests for Normality แบบ Anderson-Darling



4. หลังจากกดปุ่ม OK โปรแกรมจะแสดงกราฟ และค่า P-Value ออกมา นำค่า P-Value เทียบกับระดับนัยสำคัญเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

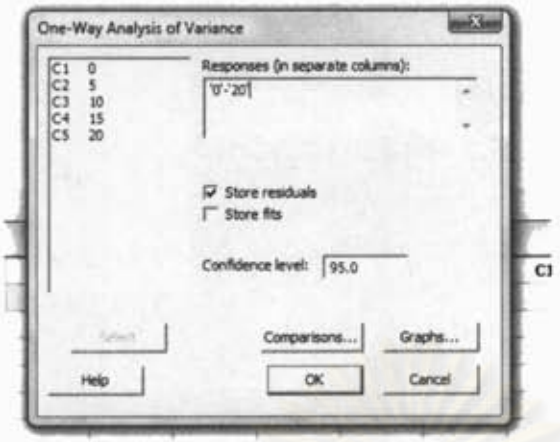


ค.2 การทดสอบความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA)

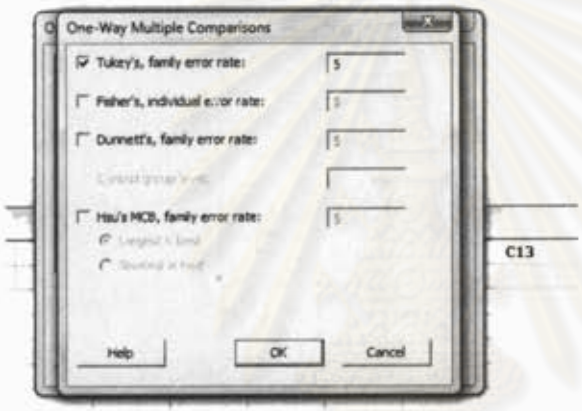
1. กรอกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ใน Worksheet ของโปรแกรม Minitab
2. เลือกหัวข้อง Stat → ANOVA → One way (Unstacked)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

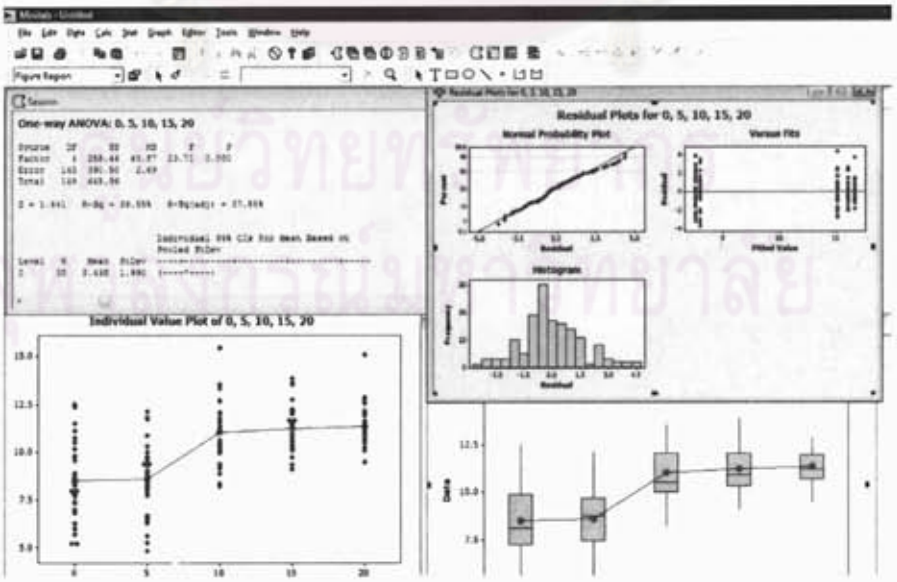
3. เลือกทุกคอลัมน์ที่ต้องการวิเคราะห์ลงในช่อง Response และกำหนด Confidence level



4. เลือก Comparison แบบ Turkey's



5. เลือก Graph แสดงผล กด OK จะได้ตาราง ANOVA และกราฟเปรียบเทียบตามต้องการ

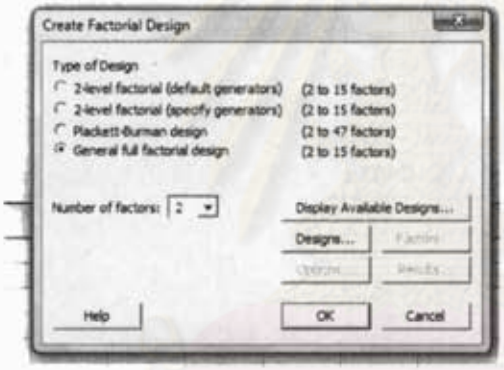


ค.3 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

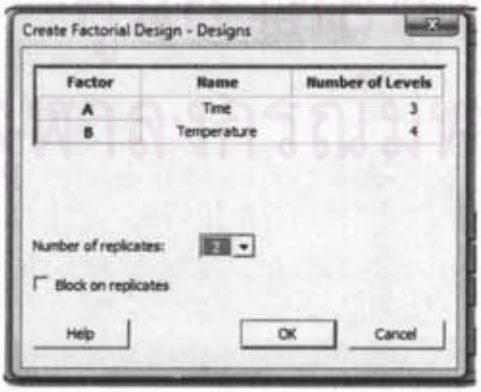
ในที่นี้ใช้ General full factorial design แบบ 2 factors

1. เลือก Stat → DOE → Factorial → Create factorial design

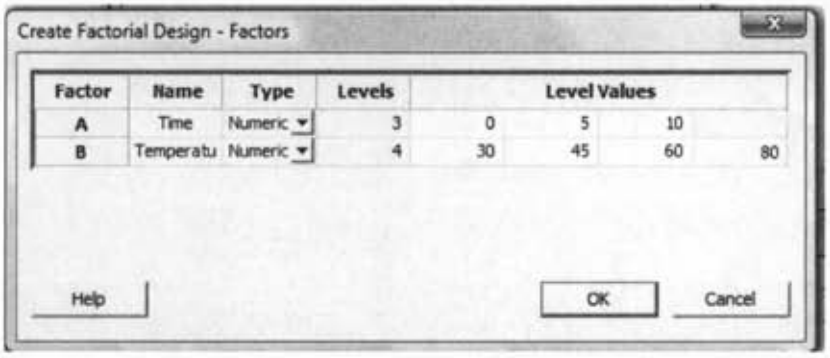
2. เลือก Design แบบ General full factorial design และเลือก Number of factor = 2



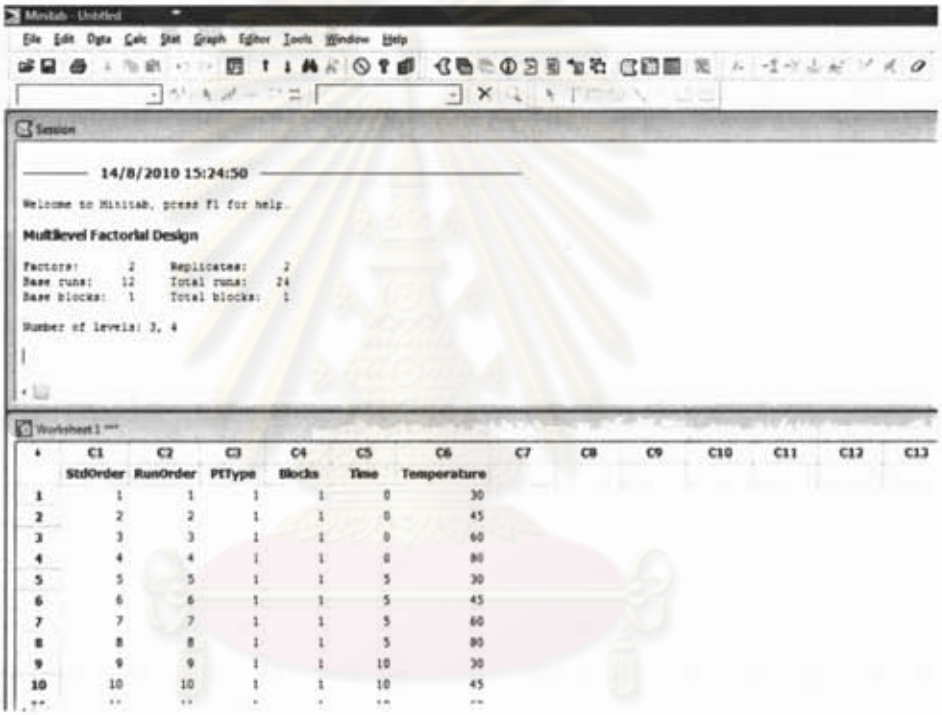
3. กดเลือกที่ Deigns เพื่อตั้งชื่อ Factor A B และระบุจำนวน Level เลือกจำนวนซ้ำ (Replicate) เท่ากับ 2



4. กดที่ Factor เพื่อ กำหนดค่าแต่ละระดับ (Level)



5. กด OK โปรแกรมจะออกแบบการทดลองมาให้ตามด้านล่าง

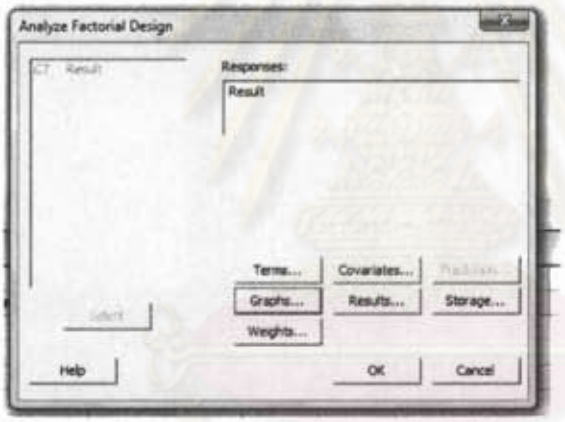


6. ทำการทดลอง และกรอกผลลงในตาราง Work sheet เดิม

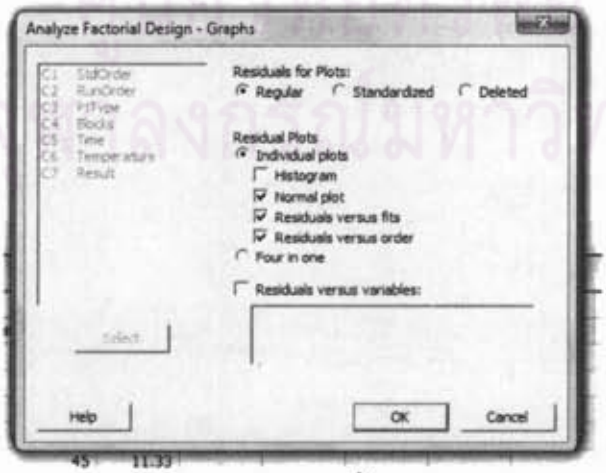
7. วิเคราะห์ผลโดยเลือก Stat → DOE → Factorial → Analyze factorial design

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. เลือกช่องผลการทดลองลงใน Response

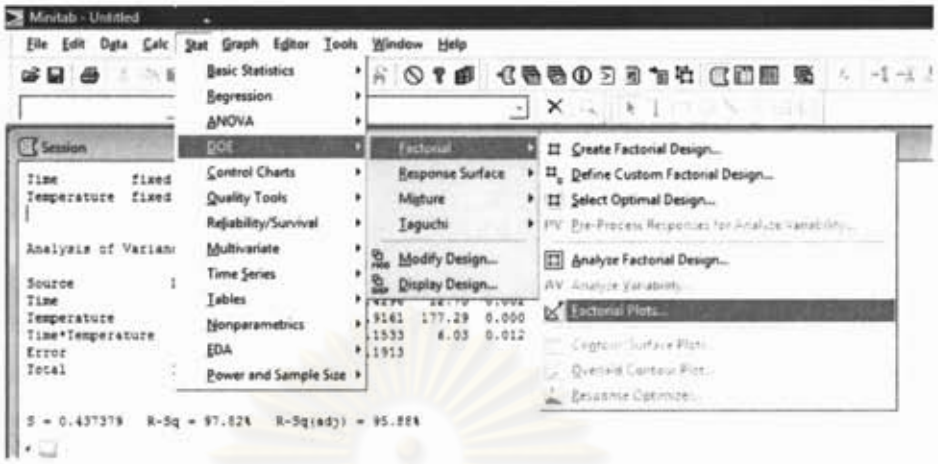


9. ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยเลือก Graphs... → Residue plot

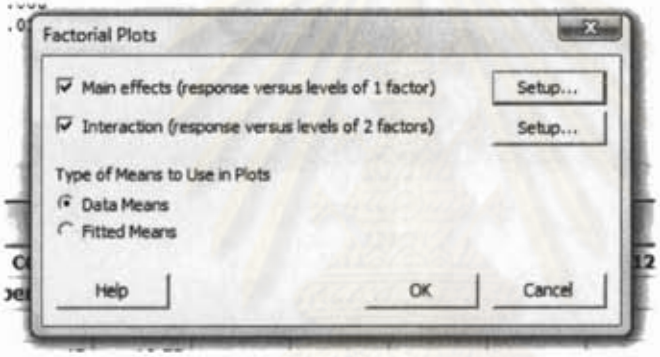


10. กด OK จะพบตาราง ANOVA ขึ้นมา

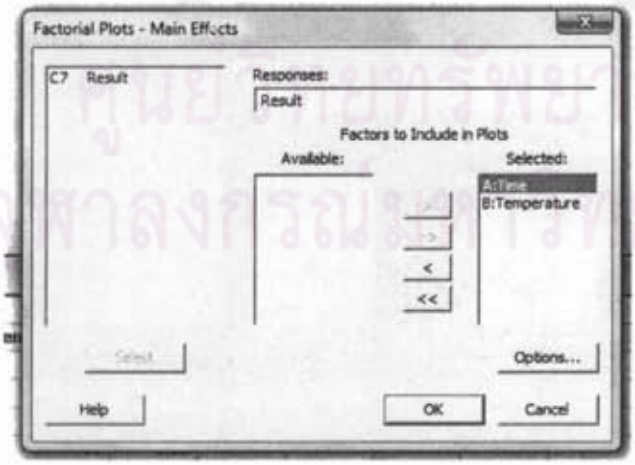
11. เมื่อตรวจสอบกราฟไม่พบความผิดปกติของข้อมูล ถ้าต้องการวิเคราะห์โดยกราฟต่อให้วิเคราะห์โดยเลือก Stat → DOE → Factorial → Factorial Plot...



12. กดเครื่องหมายถูกหน้า Main effect และ Interaction กด Set up...



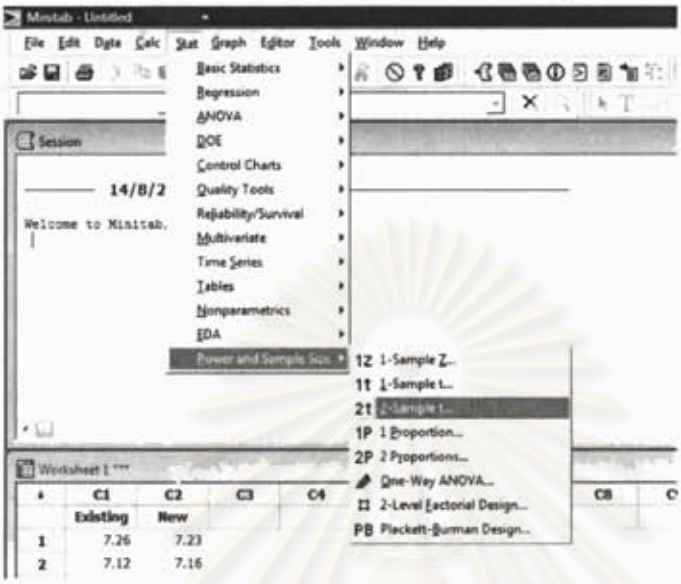
13. เลือก Reponses เป็น ผลการทดลอง และ เลือก factors ที่ต้องการทดสอบมาที่ช่อง Selected กด OK จะได้กราฟ Main effect plot และ Interaction plot



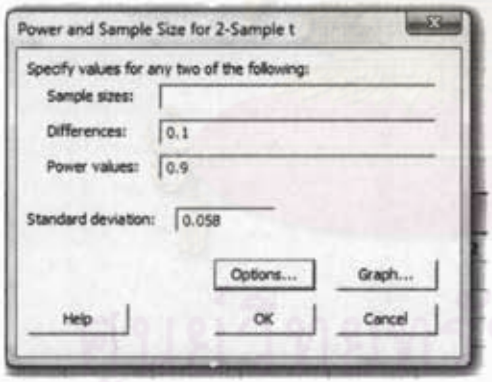
ค.4 การตรวจสอบจำนวน Sample size

ยกตัวอย่างการตรวจสอบจำนวนการทดลองที่จะใช้ทดสอบ 2 sample T test

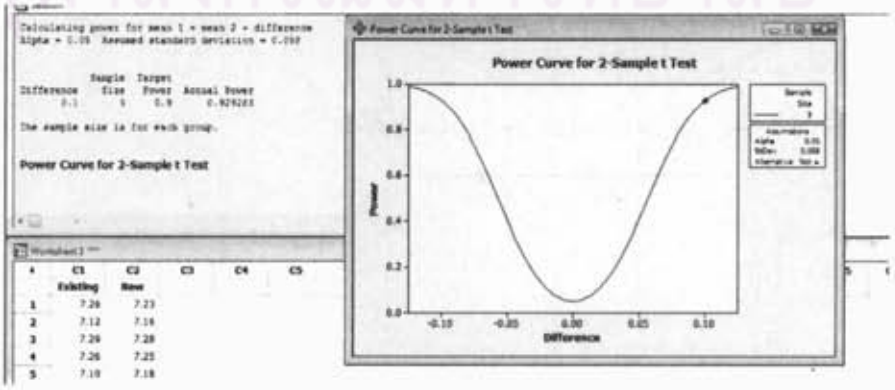
1. เลือกคำสั่ง Power and sample size → 2 sample T...



2. ใส่ค่าความแตกต่างที่ต้องการให้ตรวจสอบเจอในช่อง Differences และ กำหนด Power value กำหนด Standard deviation จากข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองก่อนหน้านี้

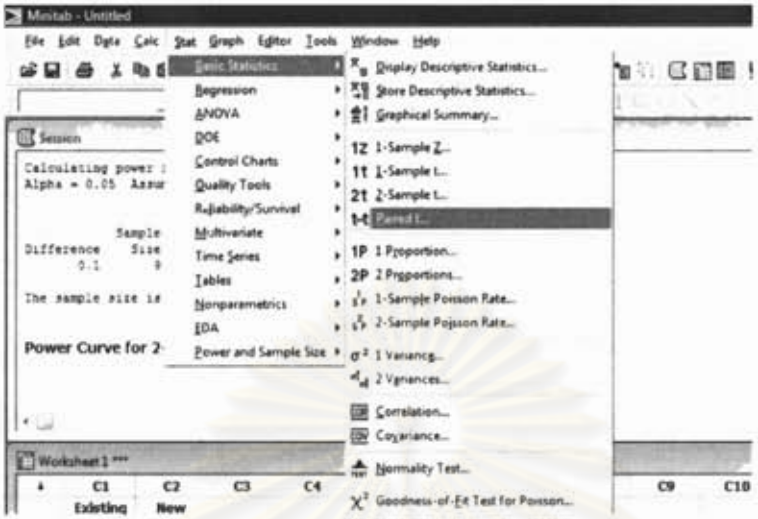


3. กด OK เพื่อให้ MINITAB ตรวจสอบขนาดตัวอย่าง

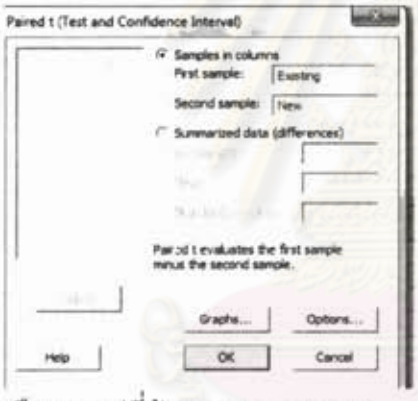


ค.5 การทดสอบทางสถิติแบบ Paired T test

1. กรอกข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ใน Worksheet ของ Minitab



2. เลือกคอลัมน์ที่ต้องการเปรียบเทียบกัน



เลือกกราฟที่ต้องการและกด OK

โปรแกรมจะแสดงผลการวิเคราะห์การแปรปรวน (ANOVA) นำค่า P-Value เทียบกับระดับนัยสำคัญเพื่อทดสอบสมมุติฐาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรังสิมา ธรรมวิริยานนท์ เกิดเมื่อวันที่ 17 ตุลาคม 2527 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับสอง ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2549 และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิตในสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคปลายปี พ.ศ.2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย