การลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุครีมยืดผมแบบกระปุก

นางสาวหทัยชนก พรหมศร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEFECT REDUCTION IN PACKING PROCESS FOR PERM JAR

Miss Hathaichanok Promson

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุครีมยืดผมแบบกระปุก
โดย	นางสาวหทัยชนก พรหมศร
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หทัยชนก พรหมศร : การลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุครีมยืดผมแบบกระปุก (DEFECT REDUCTION IN PACKING PROCESS FOR PERM JAR) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์, 85 หน้า.

การวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเส้นผมของโรงงานกรณีศึกษา ด้วยการคัดเลือกปัญหาจากวัสดุนำเข้าที่มีเปอร์เซ็นต์ MU (Material Usage) ต่ำกว่าเป้าหมายที่ 97% จากเกณฑ์ที่ทีมผู้บริหารโรงงานกรณีศึกษากำหนดไว้ จากนั้นจึงใช้หลักการพาเรโตเพื่อจัดเรียงมูลค่าของเสียดังกล่าวทำให้ได้ของเสีย 3 ประเภท คือ 1) ของเสียที่เกิดจากสายการบรรจุมาจาก BulkPL2 นั่นคือเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 2) ของเสียที่เกิดจาก JarPL3 และ 3) Inner CapPL3 แต่หลังจากวิเคราะห์กระบวนการบรรจุพบว่าของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เดียวกันคือครีมยืดผมแบบกระปุก ดังนั้นจึงสรุปปัญหาเป็น 2 ปัญหาคือ 1) BulkPL2 การสูญเสียเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม และ 2) ของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ครีมยืดผมแบบกระปุก

ผลจากการทดลองทำให้ได้ค่าควบคุมมาตรฐานการบรรจุใหม่สำหรับ PL2 ดังนี้คือ 1) กำหนดให้ระดับของเนื้อครีมใน Hopper อยู่ที่ 60% 2) กำหนดให้อุณหภูมิเริ่มต้นการบรรจุต่ำกว่า 30°C และ 3) เปลี่ยนมาใช้ค่าความหนาแน่นจริงของเนื้อครีมในแต่ละ batch ในการปรับค่าน้ำหนักแทนการใช้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ย หลังจากการปรับปรุงโดยกำหนดค่าควบคุมมาตรฐานการบรรจุใหม่สามารถลดของเสียไปได้ 79.65% ของของเสียก่อนการปรับปรุง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 95% MU เพิ่มจากก่อนปรับปรุง 1.5% MU

การปรับปรุงของเสียที่เกิดจาก Jar และ Inner Cap โดยการตั้งค่ามาตรฐานใหม่ ดังนี้คือ 1) เพิ่มรอบการทำความสะอาดใหญ่เป็นสองสัปดาห์ต่อครั้ง 2) เพิ่มคนทำความสะอาดฝุ่นบน Inner Cap ด้วยการเป่าลมก่อนการบรรจุ 3) เปลี่ยนจากการใช้ถุงมือผ้าเป็นถุงมือยางและเปลี่ยนถุงมือคู่ใหม่ทุกวัน 4) เปลี่ยนจากการใช้กล่องเวียนมาใช้กล่องใหม่สำหรับการบรรจุบรรจุภัณฑ์ Inner Cap และ 5) ใช้ถุงพลาสติกในการบรรจุแต่ละชั้น ก่อนแก้ปัญหาพบของเสียเฉลี่ย 5% ต่อเดือน ลดลงเหลือเฉลี่ย 2.4 % คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 97.6% MU ซึ่งเกินค่าเป้าหมายที่โรงงานกรณีศึกษาตั้งไว้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2559

5670984021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: DESIGN OF EXPERIMENT, DEFECT REDUCTION, PACKING PROCESS FOR TREATMENT JAR

HATHAICHANOK PROMSON: DEFECT REDUCTION IN PACKING PROCESS FOR PERM JAR. ADVISOR: ASSOC. PROF. JEERAPAT NGAOPRASERTWONG, 85 pp.

This research aims to reduce waste in filling hair treatment process in factory. Material usage below 97% will be studied according to guideline from management team. Pareto technique has been applied to classify the value of losses into three categories: 1) Loss from filling BulkPL2 which is cream for producing hair conditioner, 2) Loss from JarPL3 and 3) Inner CapPL3. After analyzing filling process, it found that JarPL3 and Inner CapPL3 are the ingredient of Hair straightening jar product. Consequently, it is concluded that there are 2 difficulties: 1) BulkPL2, bulk loss in hair conditioner production and 2) bulk loss in JarPL3 and Inner CapPL3 are the ingredient of Hair straightening jar product. The new standard in filling weight for PL2 from experimental results are as follows: 1) The level of cream in hopper is at 60% 2) Initial temperature for packing is below 30°C and 3) Use the real density of each batch to adjust the weight instead of using average density. After applying this new standard in filling process, it can be seen that the loss reduces by 79.65% of loss before improving process which is accounted for 95% MU. The percentage of MU increases by 1.5% MU. The new fill weight standard will be examined to decrease the loss from jar and inner cap. The procedure of new fill weight standard is as follows: 1) Increase frequency of big cleaning to twice a week 2) Increase worker to blow a dust off at Inner Cap before filling 3) Using rubber glove instead of cotton glove and use a new rubber glove everyday 4) Using new box for collecting inner cap instead of using reuse box and 5) Using plastic bag for packing inner cap. After using these new methods in filling process, it can be seen that the loss reduces from 5% to 2.4% per month, which is accounted for 97.6% MU. This is higher than target 97% MU.

Department: Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคำชี้แนะจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ทรงคุณวุฒิอันประกอบไปด้วย ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ และ รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริจิรวนิช ทั้งนี้ผู้วิจัยขอถือโอกาสขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ รวมถึงสนับสนุนการทำวิจัย ขอขอบคุณโรงงานกรณีศึกษาสำหรับข้อมูลและสถามที่ในการทำงานวิจัย สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัยเองที่ได้สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยจนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้ประสบความสำเร็จ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง 1
สารบัญรูป 1
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน 2
1.1.1 ผลิตภัณฑ์ 4
1.1.2 การผลิต 7
1.2 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย 9
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 11
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 11
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัย 11
บทที่ 2 12
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12
2.1 พื้นฐานอุตสาหกรรม 12
2.2 การผลิตบรรจุภัณฑ์ 12
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 14
2.3.1 หลักการของ Six sigma 14
2.3.2 กระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Production) 17

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
บทที่ 3 23
การดำเนินการวิจัย 23
3.1 นิยามปัญหา 23
3.2 การจัดตั้งคณะทำงาน 23
3.3 การวิเคราะห์ปัญหา BulkPL2 24
3.3.1 ปัญหาน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน 27
3.3.2 เนื้อครีมล้น 45
3.3.3 การทำความสะอาดขั้นแรก (Pre cleaning line) 49
3.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้เกิดการสูญเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 50
3.4.1 การเกิดจุดชมพู 55
3.4.2 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาจุดชมพู 70
3.5 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา 70
บทที่ 4 71
ผลการปรับปรุงกระบวนการ 71
4.1 การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียประเภท BulkPL2 71
4.2 การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 73
บทที่ 5 79
สรุปและข้อเสนอแนะ 79
5.1 สรุปการลดของเสียประเภท BulkPL2 79
5.2 สรุปการของเสียประเภท JarPL3 และ Inner CapPL3 81
5.3 ข้อเสนอแนะ 82
รายการอ้างอิง 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ถังผลิต (Mixer) 7
ตารางที่ 2 สายการบรรจุ (Packing Line) 8
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญของปัญหา 28
ตารางที่ 4 คะแนนความสำคัญของปัญหาค่า Fill Standard ระหว่างหัวไม่เท่ากัน 30
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยระดับของเนื้อครีมใน Hopper 33
ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยความร้อนในระบบ 36
ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยความแน่นของ Piston 39
ตารางที่ 8 ตารางการออกแบบการทดลองระหว่าง 3 ปัจจัย 40
ตารางที่ 9 ผลการทดลองปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper ปัจจัยความร้อนในระบบ และปัจจัย Piston Torque 41
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานของการคำนวณน้ำหนักตามความหนาแน่นจริงของครีม 48
ตารางที่ 11 ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ในสายการบรรจุ PL3 51
ตารางที่ 12 คะแนนความสำคัญของปัญหาเกิดฝุ่นเหล็กปนเปื้อน 58
ตารางที่ 13 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้ถุงมือเก่าผลิตบรรจุภัณฑ์ 61
ตารางที่ 14 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้ถุงมือเก่าผลิตบรรจุภัณฑ์ 64
ตารางที่ 15 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้กล่องเวียนผลิตบรรจุภัณฑ์ 66
ตารางที่ 16 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้แผ่นพลาสติกผลิตบรรจุภัณฑ์ 69
ตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียทั้ง 3 ประเภท 70
ตารางที่ 18 ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียประเภทเนื้อครีม PL2 71
ตารางที่ 19 ปริมาณของเสีย BulkPL2 ก่อนและหลังปรับปรุง 72
ตารางที่ 20 ค่า C_{pk} ของกระบวนการการบรรจุน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อขวด 73
ตารางที่ 21 ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียปนเปื้อนฝุ่นเหล็กบนเนื้อครีม 73

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 22 หัวข้อการปรับปรุง 74

ตารางที่ 23 ผลการทดลองเก็บของเสียจุดสีชมพูไว้ 32 วัน 76

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1 แผนผังองค์กร 2
รูปที่ 2 แผงผังองค์กรระดับโรงงาน (Manufacturing) 3
รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์สีย้อมผม 4
รูปที่ 4 น้ำยาโกรก 5
รูปที่ 5 ครีมยืดผม 5
รูปที่ 6 น้ำยาดัดผมและน้ำยาโกรกสำหรับดัดผม 5
รูปที่ 7 ยาสระผม 6
รูปที่ 8 คอนดิชั่นเนอร์ 6
รูปที่ 9 ทรีตเม้นท์ 6
รูปที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย MU ของเสียจากวัสดุแต่ละประเภท ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2558 9
รูปที่ 11 มูลค่าเฉลี่ยของเสียจากวัสดุแต่ละประเภทระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน 2558 10
รูปที่ 12 เส้นทางการขนส่งวัตถุดิบและการผลิตบรรจุภัณฑ์ 12
รูปที่ 13 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ 13
รูปที่ 14 หัวบรรจุ 24
รูปที่ 15 การบรรจุ 24
รูปที่ 16 เครื่องชั่งดิจิตอล 25
รูปที่ 17 Weight Detector 26
รูปที่ 18 เปอร์เซ็นต์ของเสียของเนื้อครีมในสายการบรรจุ PL2 26
รูปที่ 19 ปริมาณของเสียเฉลี่ยแยกตามประเภทในผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 27
รูปที่ 20 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน 29
รูปที่ 21 แผนภูมิพาเรโตสาเหตุปัจจัยที่อาจเกิดปัญหาน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รูปที่ 22 รายการตรวจสอบเครื่องจักรประจำเดือน 31
รูปที่ 23 ปริมาณเนื้อครีมใน Hopper ต่ำและสูงตามลำดับ 32
รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper 34
รูปที่ 25 จำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ในแต่ละระดับของเนื้อครีมใน Hopper 34
รูปที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 60% และ 80% 35
รูปที่ 27 ชุดหัวบรรจุ 35
รูปที่ 28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยความร้อนในระบบ 37
รูปที่ 29 ตำแหน่งน๊อตล็อกหัว piston 38
รูปที่ 30 ตำแหน่งน๊อตล็อกหัว Piston 38
รูปที่ 31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความแน่น Piston 39
รูปที่ 32 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล 42
รูปที่ 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระดับเนื้อครีมใน Hopper 42
รูปที่ 34 แผนภาพแสดงอันตรกิริยาของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง 43
รูปที่ 35 ผล Optimization ของกระบวนการ 44
รูปที่ 36 แผนภาพ Optimization ของกระบวนการ 44
รูปที่ 37 Fill weight แบบเก่าจะแสดงเพียงค่าเดียว 47
รูปที่ 38 Fill weight แบบใหม่จะแสดงหลายค่า 47
รูปที่ 39 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของความหนาแน่นของครีม 48
รูปที่ 40 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความหนาแน่นของเนื้อครีม 49
รูปที่ 41 วิธีการปิด Inner Cap โดยพนักงาน 50
รูปที่ 42 ขั้นตอนการทำงานของสายการบรรจุ PL3 52
รูปที่ 43 ของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ 53
รูปที่ 44 แผนภาพปริมาณของเสียประเภทการปนเปื้อนบนเนื้อครีม 53

รูปที่ 45 เปอร์เซ็นต์ของเสียจุดสีชมพู 54
รูปที่ 46 ตัวอย่างชิ้นงานที่เกิดจุดสีชมพู 54
รูปที่ 47 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดฝุ่นเหล็กที่โรงงานผลิตครีมยืดผม 56
รูปที่ 48 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดฝุ่นเหล็กที่โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ 57
รูปที่ 49 กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อน 59
รูปที่ 50 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน 60
รูปที่ 51 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยอากาศในโรงงาน Inner Cap 61
รูปที่ 52 ตัวอย่างชิ้นงานที่นำไปวางไว้จุดต่างๆของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ 62
รูปที่ 53 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของการใช้ถุงมือผ้าในการทำงาน 64
รูปที่ 54 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยถุงมือเก่า 65
รูปที่ 55 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของกล่องที่ใช้ในการบรรจุ Inner Cap 66
รูปที่ 56 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยกล่องเวียน 67
รูปที่ 57 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของถุงพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ Inner Cap 68
รูปที่ 58 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยแผ่นรองพลาสติก 69
รูปที่ 59 ปริมาณการสูญเสียก่อนและหลังปรับปรุง 72
รูปที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการปรับปรุง 74
รูปที่ 61 ความเปลี่ยนแปลงของจุดชมพูที่เก็บไว้ 32 วัน 78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีผู้ประกอบการที่ผลิตเครื่องสำอางอยู่จำนวนมาก ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็ก การผลิตเครื่องสำอางต้องใช้เงินทุนในการดำเนินการซึ่งประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าบรรจุภัณฑ์ ค่าจ้างงาน ค่าเสื่อมราคา และค่าโสหุ้ยต่างๆ เป็นต้น และเพื่อการแข่งขันทั้งในและต่างประเทศให้อุตสาหกรรมอยู่รอดและมีกำไรสูงสุดจำเป็นต้องลดต้นทุนให้ต่ำที่สุด การลดต้นทุนการผลิตที่นิยมมากและแพร่หลายคือ การลดความสูญเสีย 7 ประการ (ดวงรัตน์ ชีวะปัญญาโรจน์, 2544) ดังนี้

1) ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินความจำเป็น (Over Production)
2) ความสูญเสียจาการรอคอย (Waiting)
3) ความสูญเสียจากการขนส่ง (Transportation)
4) ความสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลังมากเกินไป (Excess Inventory)
5) ความสูญเสียที่เกิดจากงานเสีย (Defect)
6) ความสูญเสียที่เกิดจาการเคลื่อนไหวมากเกินไป (Excess Motion)
7) ความสูญเสียของกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าหรือผลิตภัณฑ์ (Non-Value Added Processing)

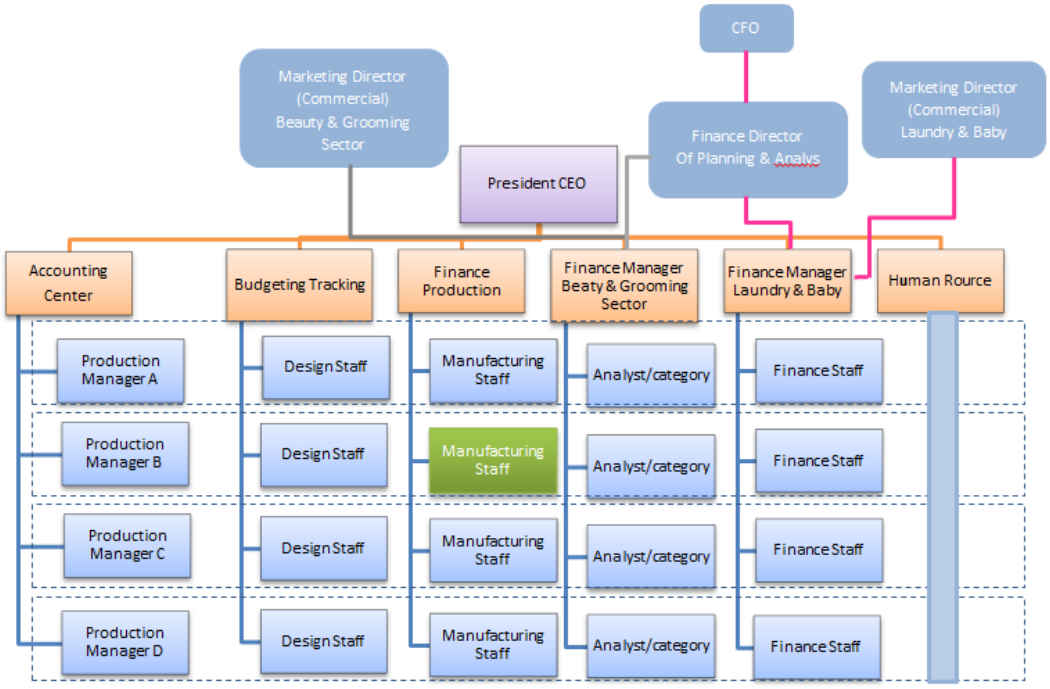
ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนที่เกิดจากงานเสีย โดยปกติแล้วงานเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตทางหน่วยงานด้านคุณภาพจะเข้ามาวิเคราะห์ร่วมกันกับฝ่ายผลิตเพื่อสาเหตุของงานเสียหรืองานที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยหามาตรฐานในการแก้ไขและป้องกัน

นอกจากต้นทุนต่ำแล้ว คุณภาพก็เป็นสิ่งสำคัญในการแข่งขัน การปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางจึงถือเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สัมผัสกับลูกค้าโดยตรง การปนเปื้อนที่ทำให้ลักษณะแรกเห็นและคุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนไปเป็นเรื่องที่ยอมรับไม่ได้ ดังนั้น ในกระบวนการผลิตจึงต้องมีการตรวจสอบอย่างเข้มงวดเพื่อให้มั่นใจว่าของเสียจะไม่หลุดไปถึงลูกค้า

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการของเสียในสายการบรรจุ โดยการนำแนวคิดการใช้เทคนิคทางคุณภาพมาประยุกต์ใช้เพื่อให้กระบวนการผลิตนี้มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุน และยังเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการดังกล่าวได้อีกทางหนึ่ง

1.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

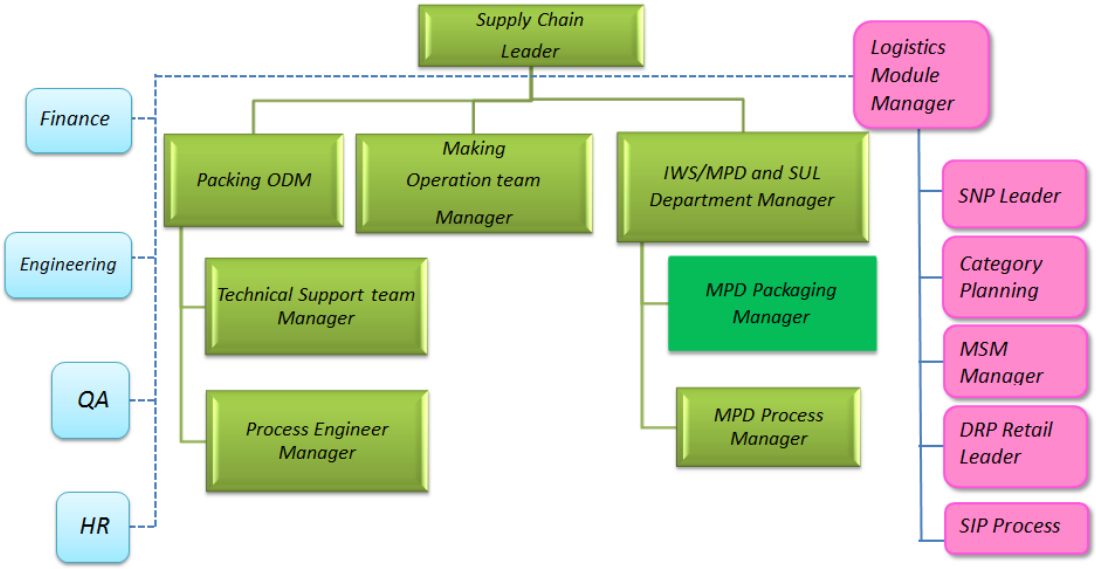
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายสีย้อมผม น้ำยาดัดผม ครีมยืด และผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม ทั้งในและต่างประเทศซึ่งอยู่ภายใต้องค์กรขนาดใหญ่ ทั้งองค์กรประกอบหลายหน่วยการผลิตตามเส้นรอยประในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังองค์กร

จากแผนผังองค์กร หน่วยการผลิตจะแยกเป็นตามกรอบเส้นประ แต่ละกรอบอาจเป็นหน่วยการผลิตสินค้าชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ เช่น หน่วยการผลิต A B และ C เป็นหน่วยการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องสำอาง ซึ่งทำการผลิตเพื่อจำหน่ายสินค้าให้กับส่วนกลางหรือ Marketing Director เป็นผู้จัดจำหน่าย หน่วยการผลิตจึงเปรียบเสมือนโรงงานรับจ้างผลิต ที่ผลิตสินค้าขายให้ Marketing Director ซึ่ง Marketing Director จะคัดเลือกหน่วยการผลิตที่มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและสินค้ามีคุณภาพดี โดยต้นทุนการผลิตจะคิดเป็นต้นทุนเฉลี่ยต่อหน่วยมาตรฐาน คุณภาพสินค้าจะวัดจากปริมาณการเคลมสินค้า ดังนั้นหน่วยการผลิต A จะมีทั้งคู่แข่งทั้งภายใน คือ หน่วยการผลิต B และ C ที่ผลิตสินค้าภายใต้แบรนด์เดียวกันและคู่แข่งภายนอกคือ บริษัทผู้ผลิตอื่นๆที่ผลิตสินค้าชนิดเดียวกันแต่ต่างแบรนด์

โรงงานกรณีศึกษาคือส่วนสีเขียวในรูปที่ 1 คือส่วนหลักที่เกี่ยวกับการผลิตสินค้าโดยตรง โดยฝั่งโครงสร้างโรงงานจะแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผงผังองค์กรระดับโรงงาน (Manufacturing)

ในส่วนของโรงงานกรณีศึกษาจะมี Supply Chain Leader เป็นผู้บริหารทั้งหมด มีหน้าที่กำหนดกลยุทธ์และนโยบายเพื่อให้โรงงานเป็นอันดับหนึ่งทั้งภายในและนอกองค์กร โดยมีกลยุทธ์เกี่ยวกับการผลิต 3 อย่าง ดังนี้

1) ต้องไม่มีการ Complain ระดับที่ 3 และลดการ Complain ระดับที่ 2 ลงจากปี 2557 ซึ่งเกิดทั้งหมด 21 ครั้ง เป้าหมายคือลดได้ 20 เปอร์เซ็นต์ คือ เกิดได้ 16 ครั้ง

การได้รับ Complain มี 3 ระดับ

ระดับ 1 ไม่ร้ายแรงแต่ของออกจากกระบวนการไปแล้ว ตรวจความผิดพลาดจากขั้นตอนถัดไป เช่น การออกเอกสารเพื่อผลิตผิด

ระดับ 2 ร้ายแรงปานกลาง ของออกจากโรงงาน ไม่เรียกของกลับ สีฝาขวดผิดแบบไม่ร้ายแรง

ระดับ 3 ร้ายแรง ต้องเรียกของกลับ เช่น ผิดต่อกฎหมาย เช่น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีวันที่ผลิต หรือกระทบต่อชื่อเสียงของบริษัท เช่น การพบการปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์

2) เปอร์เซ็นต์ PR

82 % คือเป้าหมาย

80 % คือปกติ

70 % สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่

3) เปอร์เซ็นต์ MU > 97%

แผนกต่างๆ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แผนกหลักที่มีหน้าที่เกี่ยวกับผลิตโดยตรงจากภาพที่ 2 คือ ส่วนสีเขียว

- Packing ODM มีหน้าที่บริหาร Packing Operation และมีฝ่ายสนับสนุน คือ Technical Support team Manager และ Process Engineer Manager ซึ่งคอยช่วยเหลือ ปรับปรุงระบบ Packing line ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

- Making Operation team Manager มีหน้าที่บริหาร Making Operation

- IWS/MPD and SUL Department Manager เป็นฝ่ายที่คอยช่วยเหลืองานที่ไม่ใช่การผลิตประจำวัน เช่น งานเริ่มต้นผลิตภัณฑ์ใหม่ และงานปรับปรุงคุณภาพ งานแก้ปัญหา โดยมี MPD Process team คอยช่วยเหลือสำหรับปัญหาที่เกิดในส่วนการผสม (Making) และวัตถุดิบ (Raw Material) MPD Packaging team คอยช่วยเหลือสำหรับปัญหาที่เกิดในสายการบรรจุ (Packing) และวัสดุบรรจุภัณฑ์ (Packaging Material)

ส่วนที่ 2 ส่วนสนับสนุน จากรูปที่ 2 คือ ส่วนสีฟ้า ประกอบไปด้วย Finance เป็นผู้ดูแลงบประมาณต่างๆในโรงงาน Engineering เป็นผู้ดูแลเครื่องจักร QA เป็นผู้คอยตรวจสอบสินค้า

ส่วนที่ 3 ส่วนวางแผน จากรูปที่ 2 คือ ส่วนสีชมพู เป็นฝ่ายที่คอยวางแผนด้านต่างๆ ทั้งการสั่งวัตถุดิบ วัสดุบรรจุภัณฑ์ วางแผนการผลิต วางแผนการส่ง

1.1.1 ผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน คือ ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเส้นผม แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะการทำงานของสารเคมีคือ

1) ผลิตภัณฑ์สีย้อมผม (Color) ใช้เพื่อเปลี่ยนสีผม ประกอบไปด้วยสี มี 2 ชนิด คือ ประเภทน้ำ และประเภทครีม ประกอบด้วยสีที่ใช้ในการเปลี่ยนสีเป็นหลัก การทำงานของ บรรจุในบรรจุภัณฑ์ประเภทขวดหรือหลอดบรรจุภัณฑ์

รูปที่ 3 ผลิตภัณฑ์สีย้อมผม

- น้ำยาโกรก (Developer) สารประกอบหลักคือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ การใช้งานต้องผสมกับตัวสี น้ำยาโกรกนี้จะปล่อยออกซิเจนอิสระไปออกซิไดซ์สีให้เกิดสีสำหรับการเปลี่ยนสีผม น้ำยาโกรกจะถูกบรรจุในขวด

รูปที่ 4 น้ำยาโกรก

2) ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนรูปทรงของเส้นผม (Texture) ใช้เพื่อเปลี่ยนรูปทรงของเส้นผม แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

- ครีมยืดผม มีลักษณะเป็นเนื้อครีม ประกอบไปด้วยครีมยืด (Perm Cream) และครีมโกรก (Neutralizer Cream) ใช้สำหรับยืดเส้นผมให้ตรง

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5 ครีมยืดผม

- น้ำยาดัดผม มีลักษณะเป็นน้ำบรรจุในขวด ประกอบไปด้วยน้ำยาดัด (Perm liquid) และน้ำยาสำหรับโกรก (Neutralizer liquid) ใช้สำหรับดัดให้ผมเป็นลอน

รูปที่ 6 น้ำยาดัดผมและน้ำยาโกรกสำหรับดัดผม

3) ผลิตภัณฑ์บำรุงเส้นผม (Care) แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- ยาสระผม (Shampoo) สำหรับทำความสะอาดเส้นผม

รูปที่ 7 ยาสระผม

- คอนดิชั่นเนอร์ (Conditioner) สำหรับบำรุงเส้นผมปกติ เนื้อครีมจะเหนียวน้อยกว่าทรีตเม้นท์ และบรรจุในบรรจุภัณฑ์ประเภทหลอดหรือขวด

Chulalongkorn University

รูปที่ 8 คอนดิชั่นเนอร์

- ทรีตเม้นท์ (Treatment) สำหรับบำรุงเส้นผมที่แห้งเสียมาก เนื้อครีมจะมีความเหนียวมาก บรรจุในบรรจุภัณฑ์ประเภทกระปุก

รูปที่ 9 ทรีตเม้นท์

1.1.2 การผลิต

การผลิต แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) การผลิตตัวน้ำยา (Making) แบ่งตามถังกวน (Mixer) และเทคโนโลยีการผลิตเป็น 10 Mixer ดังนี้

ตารางที่ 1 ถังผลิต (Mixer)

Mixer No.	Size(Kg)	Product
MKC1	100	Color
MKC2	200	Color
MKC3	600	Color
MKC4	720	Color
MKC5	1000	Color
MKP1	2500	Perm/Neutralizer Cream
MKP2	2000	Perm/ Neutralizer Cream
MKD1	1000	Developer
MKD2	5000	Developer
MKL	3000	Perm/ Neutralizer liquid

ส่วนผลิตภัณฑ์ประเภท Care product มีเฉพาะสายการบรรจุ โดยนำ Bulk มาจาก Plant อื่น เนื่องจากเทคโนโลยีการผลิตต่างออกไป

2) การบรรจุ (Packing) สายการบรรจุแบ่งออกเป็น 2 สายการผลิตหลักคือ กลุ่มสีย้อมผม (PKCL) และกลุ่มยืดดัด (PKPL) แสดงดังตารางที่ 2

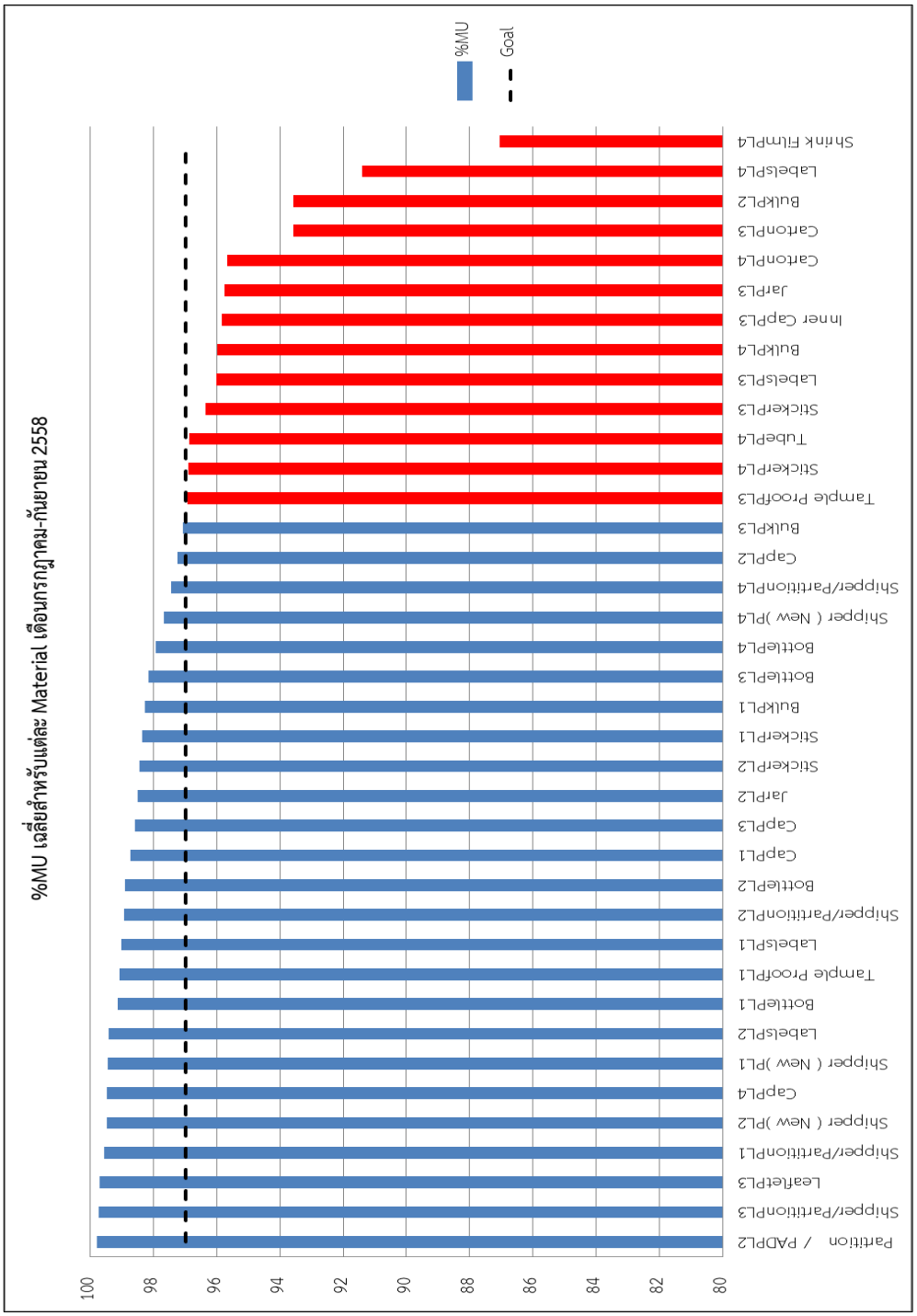
ตารางที่ 2 สายการบรรจุ (Packing Line)

Packing line No.	Product	Packaging type
PKCL1	Color 80 g	Tube
PKCL2	Color Kit Set	Tube and Bottle
PKCL3	Color Kit Set	Tube and Bottle
PKCL4	Color Kit Set	Tube and Bottle
PKCL5	Perm Kit Set	Tube
PKCL6	Conditioner	Tube
PKCL7	Color 60 g	Tube
PKCL8	Color Kit Set	Bottle
PKPL1	Developer/ Neutralizer 1000 ml	Bottle
PKPL2	Care 150, 200, 400, 500, 1000 ml	Jar, Bottle
PKPL3	Perm Kit Set, Perm Cream/Liquid 400 ml, Perm Liquid 1000 ml	Jar, Bottle
PKPL4	Perm Kit Set, Color Kit Set, Perm Liquid, Care	Bottle, Tube

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

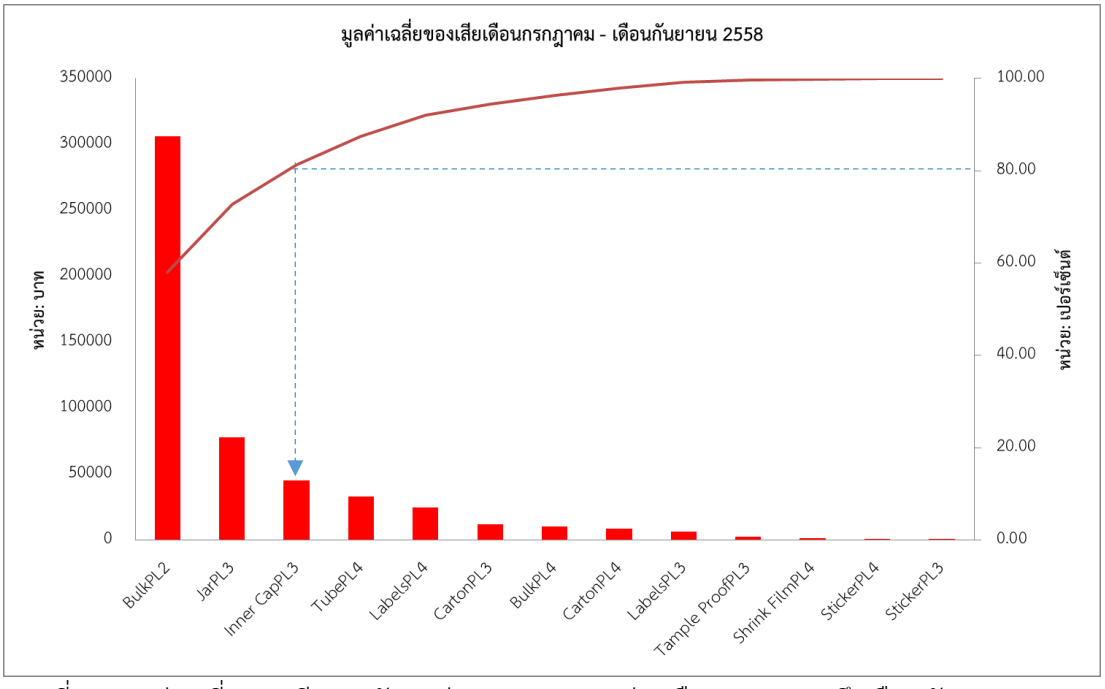
จากตารางที่ 2 ผู้วิจัยรับผิดชอบสายการบรรจุ PKP ทั้ง 4 สาย ซึ่งโรงงานกรณีศึกษามีการใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ MU (Material Usage) แสดงถึงวัสดุตั้งต้นที่กลายเป็นของผลิตภัณฑ์ MU 100 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง วัสดุตั้งต้น 100 ชิ้น ผลิตเป็นของดีได้ทั้งหมด 100 ชิ้น และไม่มีของเสียเกิดขึ้นเลย



รูปที่ 10 แสดงเปอร์เซ็นต์เฉลี่ย MU ของเสียจากวัสดุแต่ละประเภท ในเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2558

จากรูปที่ 10 เป้าหมายของค่าเปอร์เซ็นต์ MU คือ 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาจากการกำหนดของทีมผู้บริหาร วัสดุตั้งต้นที่นำมาคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ MU คือวัสดุบรรจุภัณฑ์ทั้งหมด รวมถึงเนื้อครีมที่เตรียมบรรจุ แต่ละสายการบรรจุจะมีการใช้วัสดุตั้งต้นที่แตกต่างกันไปตามชนิดผลิตภัณฑ์

เมื่อนำเปอร์เซ็นต์ MU เฉลี่ยระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายนของวัสดุบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภทมาวิเคราะห์โดยรูปที่ 10 จะพบว่ามีวัสดุที่มี %MU ต่ำกว่าเป้าหมาย 97% ได้แก่ BulkPL2, JarPL3, CapPL3, TubePL4, LabelsPL4, CartonPL3, BulkPL4, LabelsPL3, Tample ProofPL3, Shrink FilmPL4, StickerPL4 และ StickerPL3 เป็นต้น ผู้วิจัยจึงนำส่วนที่ต่ำกว่าเป้าหมายนั้นมาวิเคราะห์ด้วยการนำต้นทุนของวัสดุแต่ละประเภทมาสร้างกราฟ เพื่อเรียงลำดับความสำคัญของปัญหา แสดงดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 มูลค่าเฉลี่ยของเสียจากวัสดุแต่ละประเภทระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน 2558

จากรูปที่ 11 ด้วยหลักการของพาเรโต การเลือกปัญหาที่จะทำการแก้ไข จะเห็นว่าที่ 80% ของมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นมาจาก 3 ประเภท คือ

1) Bulk PL2 คือ การสูญเสียของเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม

2) Jar PL3 คือ การสูญเสียของบรรจุภัณฑ์ประเภทกระปุกของผลิตภัณฑ์ครีมยืดผม

3) Inner Cap PL3 คือ การสูญเสียของบรรจุภัณฑ์ประเภทฝาชั้นในของผลิตภัณฑ์ครีมยืดผม

ซึ่งของเสียในส่วนของ JarPL3 และ Inner CapPL3 เกิดจากผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำมาวิเคราะห์ร่วมกัน และจากการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดขึ้นพบว่าเกิดจากผลิตภัณฑ์สองผลิตภัณฑ์หลักนั้นคือ ผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม และผลิตภัณฑ์ครีมยืดผม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ลดของเสียของวัสดุบรรจุภัณฑ์นำเข้าที่เกิดขึ้นในสายการบรรจุ นั้นคือ เนื้อครีม กระปุก และฝาชั้นใน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษาและการทดลองในงานวิจัยนี้จำกัดอยู่ภายใต้สายการบรรจุของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเส้นผมเท่านั้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับของงานวิจัย

1) ลดของเสียวัสดุบรรจุภัณฑ์ในฝ่ายบรรจุ

2) ลดเวลาในการผลิต

3) เพิ่มเปอร์เซ็นต์ MU เพื่อลดต้นทุนในส่วนของวัสดุบรรจุภัณฑ์

4) เป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกันได้ และเป็นข้อมูลสำหรับผู้ที่ต้องการจะศึกษาวิธีการลดของเสียดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พื้นฐานอุตสาหกรรม

ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ แบ่งเป็นสองขั้นตอนหลักคือ

1. การผสมเนื้อครีม (Making)

ขั้นตอนการผสมจะเริ่มจากการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบต่างๆเตรียมไว้ จากนั้นจึงผสมกันตามขั้นตอนในถังผสม แล้วเนื้อครีมจะถูกเปลี่ยนถ่ายจากถังผสมไปสู่ถังเตรียมบรรจุ ถังเตรียมบรรจุจะนำไปเตรียมบรรจุที่แผนกบรรจุต่อไป

2. การบรรจุ (Packing)

ขั้นตอนการบรรจุ ระบบการบรรจุจะถูกล้างด้วยน้ำอุณหภูมิ 90 °C เป็นเวลา 15 นาที แล้วพักถัง 5 นาทีจึงเริ่มการบรรจุโดยการต่อสายเข้ากับถังเตรียมบรรจุที่ถูกนำมาจากฝ่ายผสม ในขั้นตอนการบรรจุนี้จะแตกต่างกันตามผลิตภัณฑ์และสายการบรรจุ ในงานวิจัยนี้จะอธิบายโดยละเอียดเพียงสองผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหาเท่านั้น

2.2 การผลิตบรรจุภัณฑ์

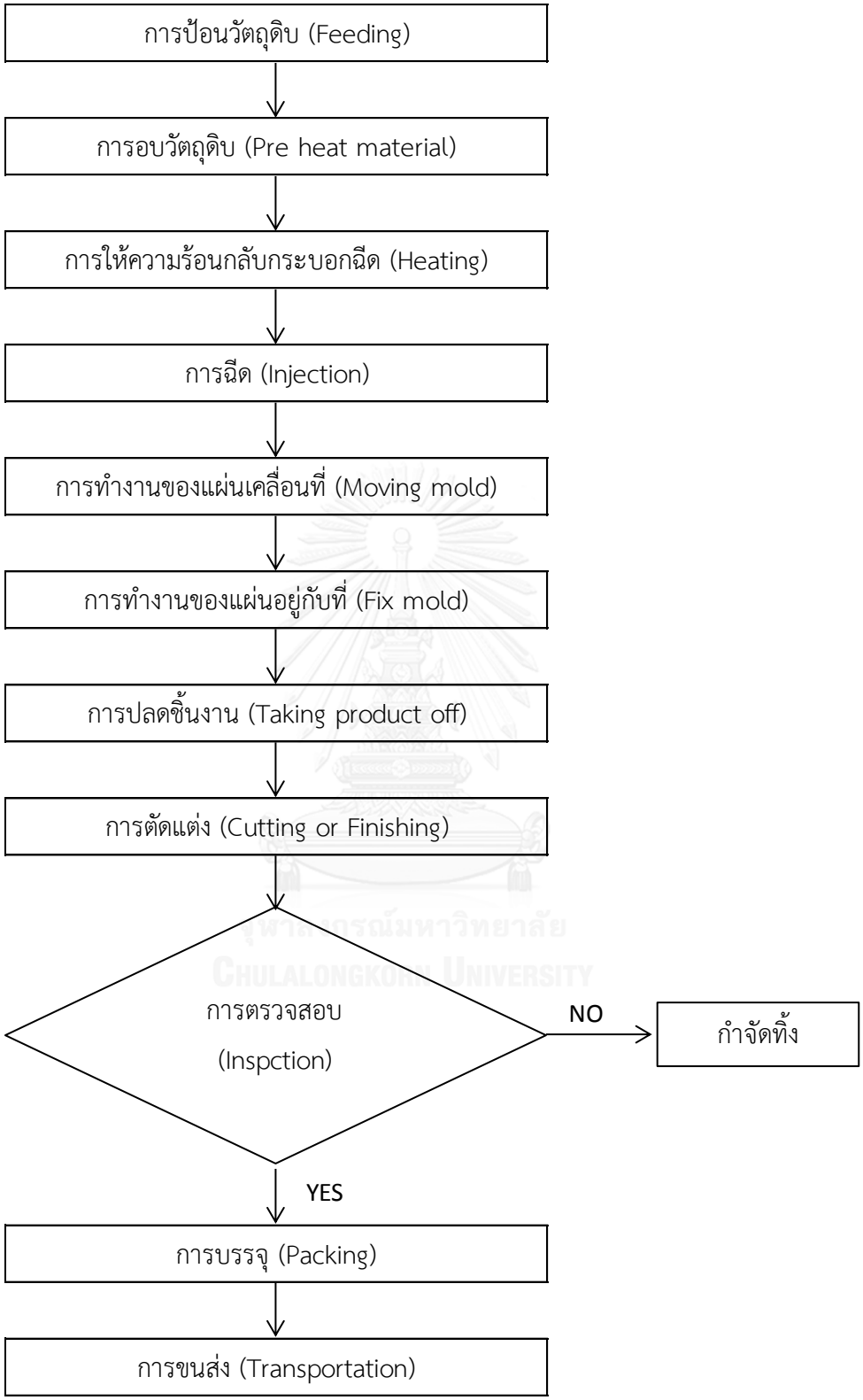
การผลิตบรรจุภัณฑ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 เส้นทางการขนส่งวัตถุดิบและการผลิตบรรจุภัณฑ์

1) โรงงานผลิต Raw material: Raw material ส่งมาจากบริษัท supplier และถูกเก็บไว้ที่คลังสินค้า เพื่อรอการผลิต

2) โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์: กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ผลิตโดยกระบวนการ Injection molding หรือกระบวนการฉีดขึ้นรูป ขั้นตอนการผลิตดังรูปที่ 13

3) การบรรจุและขนส่ง: หลังการตรวจสอบจะมีการบรรจุลงกล่องเพื่อรอการขนส่งไปยังบริษัทผลิตครีมยืดผม



รูปที่ 13 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้นำหลักการบางส่วนของ Six sigma และกระบวนการผลิตแบบลีนมาประยุกต์ใช้ในการลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับครีมยืดผม

2.3.1 หลักการของ Six sigma

ในช่วงปี ค.ศ. 1990 กลุ่มวิศวกรของบริษัท Motorola คิดค้นเทคนิคการบริหารกระบวนการขึ้นมาชนิดหนึ่งเรียกว่า Six sigma ขึ้นภายใต้การนำของ Dr.Mikel Harry ซึ่งเป็นผู้คิดค้นแนวคิดนี้และนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ของบริษัทจนประสบผลสำเร็จอย่างสูง ต่อมาบริษัท GE โดย Jack Welch ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของ Six Sigma ให้เหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ โดยการปรับเปลี่ยนจากรูปแบบเดิมให้เป็นลักษณะของ Project base approach คือ เน้นการทำเป็นเรื่องๆ ภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ประมาณ 6 เดือน นอกจากนั้นยังเพิ่มเติมในส่วนการบริหารโครงการ และแนวทางการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเล็งเห็นความสำคัญของการดำเนินงาน และประสบผลสำเร็จสามารถลดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก (ศิรภัสสร มีครุฑ, 2559)

Six sigma เป็นการบริหารที่มุ่งเน้นการลดความผิดพลาด ลดความสูญเปล่า ลดการแก้ไขชิ้นงาน สอนให้พนักงานเข้าใจแนวทางในการดำเนินธุรกิจอย่างมีหลักการ และไม่พยายามจะจัดการกับปัญหา แต่พยายามที่จะกำจัดปัญหานั้นทิ้ง Six sigma จะประสบความสำเร็จอย่างสูงเมื่อทุกคนในองค์กรรวมมือกัน ซึ่ง Six sigma เป็นการรวมกันระหว่างอานุภาพแห่งคน (Power of people) และอานุภาพแห่งกระบวนการ (Process Power) ซึ่งถ้าตัว Six Sigma มีค่าสูงหรือมีความผันแปรมากขึ้นเท่าไร ก็เปรียบเสมือนมีการทำข้อผิดพลาดมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งโอกาสเกิดข้อผิดพลาดนี้เรียกว่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) Six sigma เป็นกระบวนการลดความผิดพลาด (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆ โดยมุ่งเน้นให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุดและมีโอกาสของการเกิดข้อผิดพลาดเพียง 3.4 หน่วยในล้านหน่วย

Six sigma จึงถูกนำมาใช้เป็นชื่อเรียกของวิธีการปรับปรุงประสิทธิภพในกระบวนการใดๆ โดยมุ่งเน้นการลดความไม่แน่นอน หรือ Variation และการปรับปรุงขีดความสามารถในการทำงานให้ได้ตามเป้าหมายที่กำหนด เพื่อนำมาซึ่งความพอใจของลูกค้า และผลที่ได้รับสามารถวัดเป็นจำนวนเงินได้อย่างชัดเจน ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มรายได้ หรือกรลดต้นทุนก็ตาม

แนวคิดพื้นฐานของ Six sigma คือ การพัฒนาองค์การแบบ Six sigma เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศ ซึ่งได้มีการกำหนดแนวทางในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านการสื่อสาร การสร้างกลยุทธ์และนโยบาย การกระจายนโยบาย การจูงใจ และการจัดสรรทรัพยากรในองค์การให้เหมาะสม เพื่อให้

การปรับปรุงองค์การเป็นไปอย่าฝต่อเนื่องและเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นกรมีส่วนร่วมของพนักงานที่มีความสามารถ มีความตั้งใจที่จะปรับปรุงต้องได้รับความรู้ที่เพียงพอต่อการปรับปรุง รวมทั้งมีทีมที่มีความสามารถและมีความตั้งใจที่จะปรับปรุง มีทีมที่ปรึกษาที่มีความเชี่ยวชาญและประสบการณ์สูงคอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน

เพื่อให้ความผิดพลาดในการผลิตและการบริการมีน้อยที่สุด แนวความคิดการบริหารปรับปรุงองค์การแบบ Six sigma มีความแตกต่างจากแนวความคิดในการบริหารแบบเดิม ที่เน้นการปรับปรุงการทำงานโดยเริ่มจากผู้บริหาร แล้วจึงกระจายให้หน่วยงานต่างๆ ในองค์การปรับปรุง โดยขาดระบบการให้คำปรึกษาแนะนำและการช่วยเหลือที่เหมาะสม

แนวคิดแบบ Six sigma เน้นให้พนักงานแต่ละคนสร้างผลงานขึ้นมาโดย

1) การตั้งทีมที่ปรึกษา (Conselling group) เพื่อให้คำแนะนำพนักงานในการกำหนดแผนการปรับปรุงการทำงาน

2) การให้ทรัพยากรที่จำเป็นต่อการปรับปรุง

3) กรสนับสนุนแนวความคิดใหม่ๆ (Encouraging Ideas) เพื่อให้โอกาสพนักงานในการเสนอแนะความคิดเห็นใหม่ๆ

4) การเน้นให้พนักงานสามารถคิดได้ด้วยตัวเอง (Thinking) เพื่อให้พนักงานสามารถกำหนดหัวข้อการปรับปรุงขึ้นเอง ภายใต้ข้อกำหนดของผู้บริหารองค์การ

แนวคิดการบริหารแบบเดิม

1) ใช้การแก้ปัญหาแบบวันต่อวัน ทักษะในการเรียนรู้ของพนักงานจะเน้นที่กรเรียนรู้จากการทำงานจริงเป็นหลัก โดยมีความเชื่อว่าถ้ามีคนเข้าไปดูปัญหาอย่างจริงจังจะสามารถแก้ปัญหาได้ ซึ่งบางครั้งการแก้ปัญหาไม่ได้มาจากการแก้ไขที่สาเหตุแต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้

2) ผลของการแก้ไขปัญหาจะต้องหาย

3) คัดเลือกพนักงานที่ทำงานประจำมาทำการแก้ปัญหา โดยแก้ไขเฉพาะหน่วยงานของตนเอง ถ้าปัญหาเกิดจากหน่วยงานอื่นก็จะขอร้องให้หน่วยงานนั้นๆ ทำการแก้ไข

4) ผู้นำคือผู้ที่สามารถแก้ไขปัญหาในปัจจุบันได้

5) ใช้ประสบการณ์และความชำนาญเป็นหลักในการปรับปรุง เพราะเห็นผลสำเร็จได้ง่าย

6) ความรับผิดชอบเป็นหน้าที่ของพนักงานแต่ละคนต้องปฏิบัติ

แนวความคิดการบริหารแบบ Six sigma

1) เน้นสร้างทักษะและการเรียนรู้ให้แก่พนักงานอย่างเป็นระบบและเข้มงวด รู้ปัญหาและกำหนดเป็นโครงการปรับปรุงทั้งระยะสั้นและระยะยาว

2) วัดที่ผลการปรับปรุงเป็นหลัก

3) ใช้ทีมงานที่มีผลประเมินการทำงานดีหรือดีเยี่ยมมาทำการปรับปรุงและตัดสินใจให้คนเก่งมีเวลาถึง 100% เพื่อแก้ปัญหาให้กับองค์การ

4) สร้างผู้นำโครงการให้เกิดขึ้นในอนาคต

5) ใช้ข้อมูลเป็นตัวตัดสินใจเท่านั้น

6) เน้นความรับผิดชอบในการทำโครงการ

7) การให้คำมั่นสัญญามาจากผู้บริหาร

หลักการสำคัญของ Six sigma ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ

1) Define คือ ขั้นตอนการระบุและคัดเลือกหัวข้อเพื่อการดำเนินการตามโครงการ Six Sigma ในองค์กร โดยมีขั้นตอนการคัดเลือกโครงการ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 โครงการนั้นต้องสอดคล้องกับเป้าหมายหลักขององค์กร (Business Goal)

ขั้นตอนที่ 2 มอบหมายให้ฝ่ายต่างๆ ที่เสนอโครงการไปพิจารณาหากลยุทธ์ (Strategy) ในการดำเนินงานที่สอดคล้องกับเป้าหมายหลักขององค์กร (ตามขั้นตอนที่ 1)

ขั้นตอนที่ 3 แต่ละฝ่ายนำเสนอกลยุทธ์ในการดำเนินการให้ผู้บริหารทราบ และเมื่อผู้บริหารเห็นชอบแล้ว ให้กลับไปกำหนดพื้นที่ที่จะดำเนินงาน (High Potential Area)

ขั้นตอนที่ 4 ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้าย หลังจากกำหนดพื้นที่ที่จะดำเนินการได้แล้ว ให้แต่ละฝ่ายกลับไปพิจารณาหัวข้อย่อยที่จะใช้ในการดำเนินการ

2) Measure เป็นขั้นตอนการวัดความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงในปัจจุบัน ขั้นตอนการวัดจะแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอน Plan Project with Metric คือ การวางแผนและดำเนินการคัดเลือกตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการดำเนินการโครงการ

ขั้นตอน Baseline Project คือ การวัดค่าความสามารถของกระบวนการที่เป็นจริงในปัจจุบัน โดยวัดผ่านตัวชี้วัดต่างๆ ที่เลือกสรรมาจากขั้นตอน Plan Project with Metric

ขั้นตอน Consider Lean Tools คือ วิธีการปรับปรุงกระบวนการด้วยการใช้เทคนิคต่างๆ ของวิศวกรรมอุตสาหการ

ขั้นตอน Measurement System Analysis (MSA) ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเป็นขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการทำงานว่ามีความปกติหรือไม่ก่อนจะลงมือปฏิบัติงาน

ขั้นตอน Organization Experience หมายถึง ขั้นการนำประสบการณ์ที่ผ่านมาขององค์กรจะช่วยคิดในการแก้ไขปัญหา

3) Analyze ขั้นตอนนี้คือการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลัก ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อระบุสาเหตุหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อปัญหานั้น ซึ่งเรียกสาเหตุหลักนี้ว่า KPIV (Key Process Input

Variable) ซึ่งต้องสามารถระบุให้ชัดเจนว่า อะไรคือ KPIV ของปัญหาและต้องสามารถเชื่อมโยงกับตัวหลักของกระบวนการ หรือที่เรียกว่า KPOV (Key Process Output Variable) ให้ได้ หลักการสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) ผังการกระจาย (Scattering Diagram) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นต้น

4) Improvement ขั้นตอนนี้คือการปรับตั้งค่าสาเหตุหลัก (KPIV) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นไปตามต้องการ ด้วยการใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง (Design of Experiment: DOE) เพื่อปรับตั้งค่าสภาวะต่างๆของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ

5) Control ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุณคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะย้อนไปมีปัญหาเหมือนเดิมอีก DMAIC เป็นวิธีการพื้นฐานในกระบวนการ อาจให้คำจำกัดความสั้นๆ ได้ว่า Define: ต้องไม่มีการยอมรับความผิดพลาด Measure: กระบวนการภายนอกที่หาจุดวิกฤตเชิงคุณภาพ Analysis: ทำไมความผิดพลาดจึงเกิดขึ้น Improve: การลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น Control: ต้องควบคุมให้เป็นไปตามเป้าหมาย (Mikel J. Harry, 1998:62)

เมื่อได้รับการปรับปรุงกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอนที่กล่าวมา ประกอบด้วย การวัด (Measurement) การวิเคราะห์ (Analyze) การปรับปรุง (Improvement) การควบคุม (Control) จะทำให้องค์การสามารถปรับปรุงผลสำเร็จทางเศรษฐกิจ และสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า

2.3.2 กระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Production)

ความเป็นมาของกระบวนการผลิตแบบลีน (Lean Production) กำเนิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ กล่าวกันว่า ในอดีตการผลิตสินค้าต่างๆ รวมทั้งรถยนต์มีลักษณะเป็นแบบงานหัตถกรรมหรืองานฝีมือ (Craft/Hand Made Production) ไม่มีสายการผลิต ผู้ผลิตส่วนใหญ่ดำเนินการผลิตด้วยการอาศัยทักษะและความชำนาญของพนักงานเป็นหลัก ดังนั้นจึงมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูง แต่สามารถผลิตสินค้าได้หลากหลายชนิดตามความต้องการของลูกค้า ต่อมาในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เฮนรี ฟอร์ด (Henry Ford) ผู้ก่อตั้งบริษัท ฟอร์ด มอเตอร์ ได้ริเริ่มแนวคิดในการสร้างสายการผลิตให้มีลักษณะคล้ายกับการไหลของสายน้ำ และถือว่าทุกสิ่งที่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ในกระบวนการคือความสูญเปล่า โดยนำเอานวัตกรรมระบบสายพานลำเลียงมาใช้ในสายการประกอบรถยนต์ (Moving Assembly Line) ทำให้ใช้เวลาในการผลิตลดลง อย่างไรก็ตามด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้ชิ้นส่วนวัตถุดิบได้รับการผลิตและส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป โดยไม่พิจารณาถึงความต้องการของลูกค้าเช่นเดียวกับการผลิตสินค้าสำเร็จรูปหรือเรียกว่าระบบการผลิตแบบเน้นปริมาณ (Mass

Production) เพื่อลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยให้ต่ำลง ระบบการผลิตของฟอร์ดประสบความสำเร็จอย่างยิ่ง ต่อมา อิจิ โทโยดะ (Eiji Toyoda) และไทอิจิ โอโนะ (Taiichi Ohno) สองผู้บริหารของบริษัทโตโยต้า ได้นำเอาแนวคิดของฟอร์ดไปประยุกต์ใช้กับระบบการผลิตของรถยนต์โตโยต้าในญี่ปุ่น โดยเริ่มต้นจากการค้นหาปัญหาและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระดับปฏิบัติการโดยนำข้อเสนอแนะการปรับปรุงเพื่อแกปัญหาที่ได้จากพนักงานมาทดลองปฏิบัติและประยุกต์แนวคิดที่ของระบบดึงมาสร้างระบบการผลิตขึ้นมาใหม่เรียกว่า ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota Production System) หรือที่คุ้นเคยกันดีว่า ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time Production System)

การผลิตแบบ Lean เป็นแนวคิดในการระบุและกำจัดความสูญเสียหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าภายในกระบวนการ โดยอาศัยการดำเนินตามจังหวะความต้องการของลูกค้าด้วยระบบดึงทำให้เกิดสภาพไหล หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง Lean คือ ปรัชญาในการผลิต ซึ่งถือว่าความสูญเปล่านั้นเป็นตัวทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตยาวนานขึ้น และควรมีการนำเทคนิคต่างๆ มาใช้ในการกำจัดความสูญเปล่าออกไป โดยมุ่งเน้นกำจัดความสูญเสียทั้ง 7 ประการ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน ได้แก่

1) การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Motion)
2) การรอคอย (Time/Delay)
3) กระบวนการที่ขาดประสิทธิภาพ (Non-effective Process)
4) การผลิตของเสียและแก้ไขงานเสีย (Defects and Reworks)
5) การผลิตมากเกินไป (Overproduction)
6) การเก็บวัตถุดิบคงคลังที่ไม่จำเป็น (Unnecessary Stock)
7) การขนส่ง (Transportation)

หลัก 5 ประการของ Lean

1) การนิยามคุณค่า (Value Definition): การจัดการกับความสูญเปล่า (Waste) นั้นต้องใช้เวลาและความพยายามอย่างยิ่งในการกำจัดความสูญเปล่า (Waste) ออกจากกระบวนการ ดังนั้นถือได้ว่ากระบวนการสร้างคุณค่าจึงมีความสำคัญ ดังนั้นประเภทของความสูญเสีย Muda คือ กระบวนการผลิตที่ลูกค้าไม้ต้องการบริษัทที่ทำการผลิตแบบลีนจะดำเนินการเพื่อกำหนดคุณค่าของผลิตภัณฑ์ และความสามารถของผลิตภัณฑ์ในการเสนอราคาให้กับลูกค้าที่ทำการผลิตแบบ Lean จะทำความเข้าใจและถามลูกค้าว่า ต้องการอะไรแล้วบริษัทที่ทำการผลิตแบบ Lean จะปรับปรุงผลิตภัณฑ์การบริหารองค์การและพนักงานเพื่อให้บรรลุตามแผนการผลิตนั้น เราอาจใช้แนวทางต่อไปนี้ในการวิเคราะห์ความสูญเปล่าในชีวิตประจำวันของเรา เรียกย่อว่า DOWNTIME เพื่อง่ายในการจดจำ

D	Defect	ข้อบกพร่องที่ต้องทำงานซ้ำเพื่อแก้ไข
O	Overproduction	การผลิตหรือให้บริการมากเกินจำเป็น
W	Waiting	การรอคอย
N	Not Using Staff Talent	ความรู้ความสามารถไม่ถูกใช้อย่างเต็มที่
T	Transportation	การเดินทางและการเคลื่อนย้าย
I	Inventory	วัสดุคงคลัง
M	Motion	การเคลื่อนที่หรือการเดินของพนักงาน
E	Excessive Processing	ขั้นตอนที่มากเกินจำเป็น

2) การวิเคราะห์การไหลของคุณค่า (Value Stream Analysis): คุณค่าของกระบวนการผลิตเป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า ซึ่งการวิเคราะห์เริ่มต้นด้วยแผนภาพของกระบวนการที่กำหนดขั้นตอนผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน ต้องค้นหาและกำจัดสิ่งที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มในกระบวนการผลิตจะเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนการเพิ่มคุณค่า

3) การไหล (Flow): การไหลของผลิตภัณฑ์ด้วยความเร็วกระทำโดยการกำจัดอุปสรรคและระยะทางระหว่างแผนกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานมีผลทำให้แผนผังการทำงานของพนักงานและเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการการผลิตเปลี่ยนแปลงไปด้วย

4) การดึง/ทันเวลาพอดี (Pull): ในแนวคิดการผลิตแบบลีนสินค้าคงคลังหรือวัสดุคงคลังถูกมองเป็นสิ่งสูญเปล่า (Waste) ฉะนั้นการผลิตสินค้าใดๆ ก็ตามที่ขายไม่ได้ถือว่าเป็นความสูญเปล่า สิ่งสำคัญต้องทราบความต้องการแท้จริงของลูกค้าแล้วใช้การดึงผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบโดยใช้หลักการปรับปรุงปริมาณที่ต้องมีเพียงพอในช่วงที่ต้องการวัตถุประสงค์ของการผลิตแบบทันเวลาพอดี คือการสร้างความสมดุลและความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับความต้องการเพื่อกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นแต่ในการปฏิบัติความต้องการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาจึงนำ Tact Time มาเป็นเครื่องมือในการจัดสมดุลของการไหล ซึ่งมีความสำคัญช่วยให้การกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการย้ายวัสดุคงคลังเหล่านั้นออกไป

5) ความสมบูรณ์แบบ (Perfection): การที่จะประสบความสำเร็จใดนั้นควรมาจากการทำงานที่มีประสิทธิภาพใน 4 หลักการที่กล่าวไปแล้วข้างต้นสิ่งที่ต้องปรับปรุงคือ เรื่องของการลดเวลา ลดพื้นที่ ลดต้นทุน และลดความผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการจัดการผลิตภัณฑ์โดยทั่วไป องค์ประกอบ 3 ประการที่การผลิตแบบลีนมุ่งเน้น ได้แก่ การบรรลุถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ และกิจกรรมในกระบวนการผลิตที่เป็นกระบวนการเพิ่มคุณค่าในสายตาลูกค้า การวางโครงสร้างระบบการ

ไหลอย่างต่อเนื่อง ระบบคงคลังเป็นศูนย์ การผลิตทันเวลาพอดี ของเสียเป็นศูนย์ และความสมบูรณ์แบบในการเพิ่มคุณค่ามากที่สุดโดยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป ลดของเสียในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา โดยปรับปรุงปัจจัยการผลิตที่เกิดจาก คน เครื่องจักร การตรวจวัด วิธีการผลิต และวัตถุดิบ จากการศึกษาผลิตภัณฑ์คือ เก้าอี้ โต๊ะ และหน้าลิ้นชัก พบว่าของเสียที่เกิดมากที่สุดมาจาก ไม้ไม่ได้ขนาด และสีเป็นเม็ด หลังการปรับปรุงของเสียลดลง จาก 1.38%, 1.45%, 1.34% เป็น 0.45%, 0.79%, 0.51% ตามลำดับ (เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป, 2539)

สุวิมล จันทร์แก้ว ลดของเสียในกระบวนการผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์ โดยใช้ Failure Mode and Effects Analysis เพื่อประเมินค่าความรุนแรงของข้อบกพร่อง ค่าโอกาสการเกิดข้อบกพร่อง และค่าโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต และทำการคัดเลือก RPN ตั้งแต่ 100 คะแนนขึ้นไปมาทำการปรับปรุง โดยการระดมสมองเพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขได้ดังนี้ 1) เพิ่มความสามารถในการตรวจจับของเสีย 2) ลดโอกาสในการเกิดปัญหา ผลจากการปรับปรุงพบว่าของเสียเทียบยอดการผลิตในกระบวนการลดลงจาก 9.53% เหลือ 6.15% คิด และปัญหาของเสียที่ลูกค้าร้องเรียนมีเปอร์เซ็นต์ของเสียเทียบยอดส่งให้ลูกค้าลดลงจาก 0.100% เหลือ 0.027% คิดเป็นเงิน และค่า RPN พบว่าลดลงตั้งแต่ 25.0% - 92.9% จากค่า RPN ของกระบวนการผลิตก่อนการแก้ไข (สุวิมล จันทร์แก้ว, 2549)

จุฑาทิพย์ ทะประสพ ลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก ผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาคือถุงบรรจุผ้าอนามัย ในกระบวนการพิมพ์กราเวียร์พบปัญหาหลักคือ มีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากถึง 25-45% จึงหาสาเหตุหลักของปัญหาคุณภาพในกระบวนการพิมพ์บรรจุภัณฑ์พลาสติก และพัฒนาวิธีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดของเสียโดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางคุณภาพ ซึ่งได้แก่ กราฟ แผนภาพการกระจาย แผนผังแสดงสาเหตุและผล แผนภาพพาเรโต แผนผังกลุ่มเชื่อมโยง แผนผังต้นไม้ การออกแบบการทดลอง และแผนภูมิควบคุม จากนั้นได้จัดตั้งทีมงานสำหรับปรับปรุงคุณภาพของโรงงานเป็นผู้มีส่วนร่วมในการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพ ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 5 ระยะ คือ ระยะที่ 1 กำหนดปัญหา ระยะที่ 2 หาสาเหตุหลักของปัญหา ระยะที่ 3 หาวิธีการแก้ปัญหา ระยะที่ 4 นำวิธีการแก้ปัญหาไปปฏิบัติ และระยะที่ 5 ประเมินผล (จุฑาทิพย์ ทะประสพ, 2551) เช่นเดียวกับสุตันตรา แซ่จิว ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 5 ระยะโดยนำเทคนิคทางคุณภาพต่างๆ มาใช้เพื่อลดปริมาณของเสียและข้อร้องเรียนจากลูกค้า (สุตันตรา แซ่จิว, 2554)

ในขณะที่บุศราภรณ์ ไชยศิริ ใช้แนวทางการบำรุงรักษาเชิงคุณภาพร่วมกับเทคนิค Process FMEA เพื่อลดของเสียจากปัญหาสล๊อตเลื่อนที่เครื่องพิมพ์ในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก (บุศราภรณ์ ไชยศิริ, 2553)

อรอนงค์ เชาวกุล ลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนของห้องปฏิบัติการทดสอบในโรงงานผลิตสี โดยใช้แนวทางของข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบหรือสอบเทียบ ISO/IEC17025:2005 ในการออกแบบและปรับปรุงความสามารถของห้องปฏิบัติการ และออกแบบระบบการควบคุมข้อผิดพลาดของกระบวนการทดสอบ โดยประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA, MSA และแผนภูมิควบคุม เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือในการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการทดสอบ ในขั้นตอนแรกทำการเก็บข้อมูลของปัญหาที่พบในกระบวนการทดสอบแต่ละขั้นตอน และคัดเลือกปัญหาจากจำนวนครั้งของการเกิดปัญหาโดยใช้แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือ และใช้แผนภาพก้างปลาร่วมกับเทคนิค Why-why analysis ในการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เพื่อออกแบบและปรับปรุงซึ่งปัญหาที่ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปหาสาเหตุของปัญหา หลังจากทำการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการทดสอบแล้ว พบว่ากรณีพิจารณาจำนวนแผ่นทดสอบที่เสียหายลดลงจาก 56.25% เหลือ 30.67% โดยเฉลี่ย และกรณีพิจารณาจำนวนครั้งการทดสอบที่ผิดพลาดพบว่า ลดลงจาก 55% เป็น 25.2% โดยเฉลี่ย และเมื่อควบคุมข้อผิดพลาดจากการทดสอบด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA พบว่าค่า RPN ลดลงเท่ากับ 55.2% โดยเฉลี่ย (อรอนงค์ เชาวกุล, 2552)

เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ ลดของเสียในกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์ให้ต่ำกว่า 15000 PPM โดยปัจจุบันโรงงานตัวอย่างสูญเสียรายได้จากการผลิตผ้าหลังคาที่ไม่ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า เริ่มจากการรวบรวมจำนวนของเสียทั้งหมด จำแนกตามชนิดของข้อบกพร่องและนำมาคัดเลือกด้วยการใช้แผนภูมิพาเรโต ทำให้ได้ข้อบกพร่องที่ต้องแก้ไขมีด้วยกันทั้งหมด 9 ชนิด คือ กาว ทะลุ แหว่ง สกปรก ขนาดไม่ได้ตาม C/F หลุดล่อน ปูดนูน เป็นจีบ และหัก จากนั้นจึงนำข้อบกพร่องดังกล่าวมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุด้วยการใช้แผน Case and effect และ FMEA จากการศึกษาพบว่า สามารถลดความเสี่ยงได้เฉลี่ย 55% และลดสัดส่วนของเสียเฉพาะ 59.51% (เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ, 2552)

โสภิดา ท้วมมี และ อรรถกร เก่งพล ลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2 ปัจจัย 2 ระดับ คือ อุณหภูมิในการหลอม PVC Compound ที่ Mixing Roll และปริมาณเศษพีวีซีแผ่นที่นำกลับมาหลอมใหม่คือปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสีย (โสภิดา ท้วมมี และ อรรถกร เก่งพล, 2551)

กรวิชญ์ จุฬะวนะพันธุ์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ ได้ทำการลดความสูญเสียจากกระบวนการตัดและปิดผนึกถุงพลาสติกโดยวิธีการออกแบบการทดลองแบบ 2 ปัจจัยเช่นกัน แต่ 3 ระดับ ปัจจัยที่เลือกคือ ความเร็วในการป้อนแผ่นพลาสติกและอุณหภูมิของบาร์กด ซึ่งคล้ายกับ ธนากร อรุณไชย และ สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร ที่ได้ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง แบบ 2 ปัจจัย 3 ระดับ เพื่อแก้ปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตเหล็กหล่อ ปัจจัยที่เลือกคือปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสม และปริมาณการใส่เบ็นโทไนท์ (กรวิชญ์ จุฬะวนะพันธุ์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์, 2555)

ชนิภา นิวาสานนท์ ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองแบบ 2 ระดับ 3 ปัจจัย เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าแบบใช้ก๊าซคลุมสำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น Webbing Bar Assy จากการวิเคราะห์พบว่า สภาวะที่เหมาะสมคือ แรงดันไฟฟ้า 19 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 192 แอมแปร์ และอัตราเร็วในการเชื่อม 22 เซนติเมตรต่อนาที นั้นทำให้จำนวนชิ้นงานที่มีรอยซึมลึกไม่สมบูรณ์ลดลงจาก 12.48% เป็น 3.33% (ชนิภา นิวาสานนท์, 2556)

ชาญณรงค์ อินทรชู และ ระพี กาญจนะ ใช้วิธีการออกแบบการทดลอง แบบ 3 ปัจจัย 2 ระดับ และยังมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนถาดบรรจุฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้ว มีการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ส่งผลให้เกิดของเสียมากที่สุดด้วยแผนภูมิก้างปลา ทำการคัดเลือกปัจจัยแล้วนำมาวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องจากข้อบกพร่อง FMEA ปัจจัยที่เลือกคือ อุณหภูมิให้ความร้อน ช่วงเวลาในการให้ความร้อน และช่วงเวลาการให้สูญญากาศ (ชาญณรงค์ อินทรชู และ ระพี กาญจนะ, 2556)

ภัคจิรา พึ่งสุข และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์ ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยมี 2 ปัจจัย คือ ความเร็วและอุณหภูมิ โดยมีการรวมปัจจัยที่มีผลร่วมกันเข้าด้วยกัน ในเบื้องต้นปัจจัยความเร็วนั้นมีถึง 5 ระดับ แต่มีการแบ่งความเร็วที่มีผลร่วมกัน คือ 1, 3 และ 5 เข้าด้วยกันจึงทำการวิเคราะห์ และมีการวิเคราะห์ภายใน 1, 3 และ 5 และเรียงว่า 1, 3 และ 5 มีผลตามลำดับ (ภัคจิรา พึ่งสุข และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์, 2554)

บุญชัย อารยสนองกุล ประยุกต์ใช้ Model เข้ามาช่วยในการคัดเลือกปัจจัย โดยเสนอการออกแบบการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิผลของเครื่องปั๊มแม่นยำสูง ในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองซึ่งมีตัวแปรทั้งสิ้น 6 ตัวแปร แล้วกรองปัจจัยโดย Model Screening Analysis แต่พบว่ามีเพียง 2 ตัวแปรที่มีคุณสมบัติเป็นเชิงเส้นคือ ค่าความสูงใบมีด และ Speed มีอิทธิพล ดังนั้นจึงมีการตัดปัจจัยออกเหลือเพียง 2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดจำนวนของเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีสมการดังนี้ $Y = 7.484 - 1.984A - 6.109E + 2.047AE$ (บุญชัย อารยสนองกุล, 2550)

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

จากบทที่ 1 การเลือกของเสียในสายการบรรจุที่ต่ำกว่าเป้าหมายตามเปอร์เซ็นต์ MU ด้วยหลักการของพาเรโตที่ 80% ของมูลค่าของเสียที่เกิดขึ้นมาจาก 3 ประเภท นั้นคือคือ 1) ของเสียที่เกิดจากสายการบรรจุมาจาก BulkPL2 นั่นคือเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 2) ของเสียที่เกิดจาก JarPL3 (กระปุก) และ 3) Inner CapPL3 (ฝาชั้นใน) ในส่วนของบทนี้จะเป็นการหาสาเหตุของของเสียเพื่อเป็นแนวทางในการลดของเสีย

3.1 นิยามปัญหา

จากการจำแนกของเสียออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) ของเสียที่เกิดจากสายการบรรจุมาจาก BulkPL2 นั่นคือเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 2) ของเสียที่เกิดจาก JarPL3 (กระปุก) และ 3) Inner CapPL3 (ฝาชั้นใน) หลังจากวิเคราะห์กระบวนการบรรจุพบว่าของเสียประเภท JarPL3 และ Inner CapPL3 เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เดียวกันคือครีมยืดผมแบบกระปุก ดังนั้นจึงสรุปปัญหาเป็น 2 ปัญหาคือ

1) ปัญหา BulkPL2

2) ปัญหา JarPL3 และ Inner CapPL3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การจัดตั้งคณะทำงาน

กำหนดสมาชิกในการดำเนินงานการพัฒนาปรับปรุงในการวิจัย ประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญวัสดุบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภท ที่มีประสบการณ์การทำงานมากกว่า 4 ปีขึ้นไปดังนี้

1) ผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ Rigid Plastic เช่น Bottle, Cap และ Jar

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์ประเภท Tube ทั้ง Aluminum Tube และ Plastic Tube นอกจากนั้นยังเป็นผู้เชี่ยวชาญด้าน Service Pack อีกด้วย

3) ผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ ซึ่งประกอบไปด้วย Carton Shipper และยังเชี่ยวชาญวัสดุอ่อนประเภท Sticker

4) หัวหน้าฝ่ายผลิตประจำสายการผลิต PL (line owner)

5) เจ้าหน้าที่ QC online

6) เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ (QA)

7) เจ้าหน้าที่วางแผนการผลิต (Planning)

8) ผู้เชี่ยวชาญด้านสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ (R&D)

3.3 การวิเคราะห์ปัญหา BulkPL2

ขั้นตอนการบรรจุครีมนวดผมในสายการบรรจุ PL2 มีขั้นตอนดังนี้

1) กระปุกครีมยืดผมจะถูกบรรจุด้วยหัวบรรจุ 8 หัว

รูปที่ 14 หัวบรรจุ

รูปที่ 15 การบรรจุ

2) ถูกปิดฝาโดยเครื่องปิดฝา

3) จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปตามสายพานผ่านบริเวณตรวจสอบน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะถูกเครื่องดีดออกทางด้านซ้าย ถ้าน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจะถูกดีดไปด้านขวา ของที่น้ำหนักเกินจะถูกพนักงานคัดเลือกอีกครั้ง หากไม่มีเนื้อครีมเปื้อนตามกระปุก ฝาปิดสนิทสมบูรณ์ดีจะถือว่าเป็นของดี ถูกนำกลับขึ้นมาบนสายพานลำเลียงอีกครั้งเพื่อไปสู่สถานีถัดไป

4) ยิงรหัสการผลิต (Code date) ที่ใต้กระปุก

5) กระปุกผ่านไปติด label ที่เครื่อง labeler

6) จากนั้นจะมีพนักงานหยิบลงกล่อง แล้วปิดผนึก

<u>การวิเคราะห์การวัด</u>

การวัดสำหรับปัญหานี้ คือการชั่งน้ำหนัก ซึ่งเครื่องชั่งดิจิตอลมีการสอบเทียบทุก 6 เดือน ดังนั้นจึงเชื่อถือได้ว่าไม่มีความเบี่ยงเบนซึ่งเกิดจากการวัด ในงานวิจัยนี้จึงไม่มีการใช้ Gage R&R เพื่อทดสอบค่าเบี่ยงเบนจากการวัด เครื่องชั่งมี 2 แบบ คือ

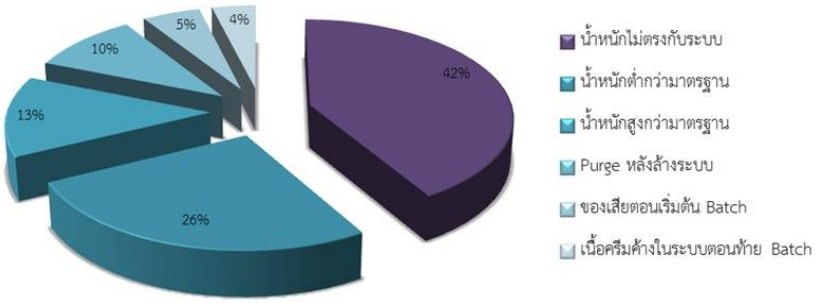
1) เครื่องชั่ง ใช้ชั่งเพื่อการรายงานค่า หรือการตั้งเครื่องที่ต้องการค่าชัดเจน พนักงานใหม่ที่ใช้เครื่องชั่งชนิดนี้ต้องผ่านการอบรมวิธีการใช้เครื่องที่ถูกต้อง และมีการทดสอบทดสอบจากหัวหน้างาน

รูปที่ 16 เครื่องชั่งดิจิตอล

2) การชั่งเพื่อคัดเลือกของดีของเสียหรือ Weight Detector ใช้คัดเลือกของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่า หรือสูงกว่ามาตรฐาน

รูปที่ 17 Weight Detector

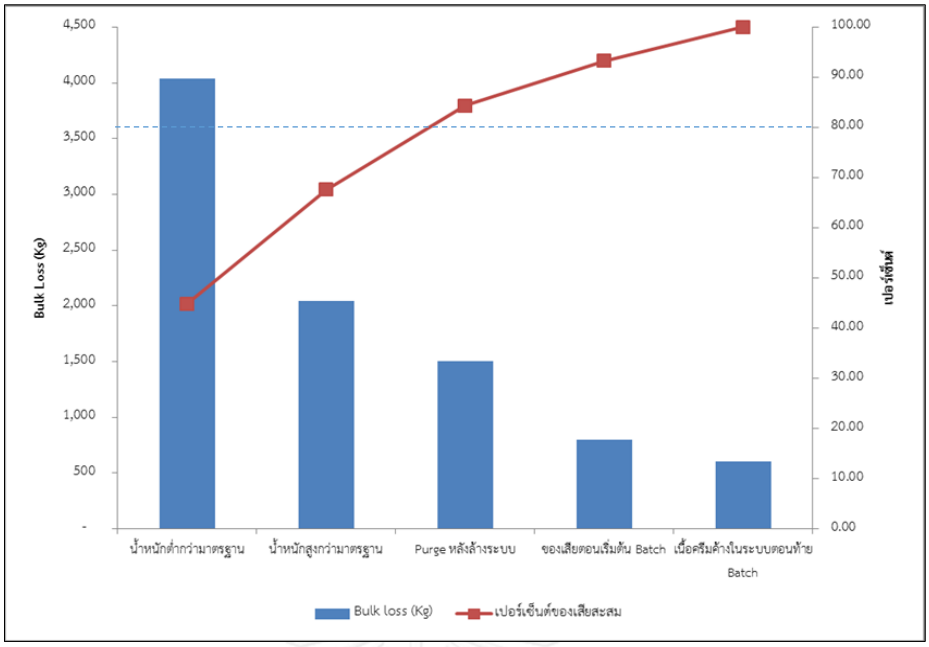
ในการสูญเสียเนื้อครีมนวดผมตามรายงานที่แสดงในกราฟ MU พบว่ามีปัญหาจากส่วนงานผสมและส่วนงานบรรจุรวมอยู่ด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 18



รูปที่ 18 เปอร์เซ็นต์ของเสียของเนื้อครีมในสายการบรรจุ PL2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากรูปที่ 18 สามารถแบ่งของเสียออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ของเสียจากการผสม (น้ำหนักไม่ตรงกับระบบ) ส่วนที่ 2 ของเสียจากการบรรจุ (น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน, น้ำหนักสูงกว่ามาตรฐาน, Purge หลังล้างระบบ, ของเสียตอนเริ่มต้น Batch และเนื้อครีมค้างในระบบตอนท้าย Batch) เนื่องจากผู้วิจัยอยู่ในส่วนงานการบรรจุ ดังนั้นจึงนำข้อมูลของเสียในกระบวนการบรรจุมาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของของเสียที่เกิดขึ้นจาดการบรรจุได้ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 ปริมาณของเสียเฉลี่ยแยกตามประเภทในผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม ระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2558

จากกราฟพาเรโตพบว่าปริมาณของเสียที่ 80 เปอร์เซ็นต์ คือ

1) น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน
2) เนื้อครีมล้น
3) การทำความสะอาดขั้นแรก (Pre cleaning line)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3.1 ปัญหาน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

จากรูปที่ 19 พบว่ามีของเสียที่เกิดจากน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน เฉลี่ยเดือนละ 4,000 กิโลกรัม ของเสียที่พบคือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน และเนื่องจากมาตรฐานด้านความสะอาดปลอดเชื้อของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานไม่สามารถนำไปผลิตใหม่เพื่อเติมเนื้อครีมเพิ่มได้ จึงต้องทิ้งอย่างเดียว ทำให้เกิดความสูญเสียจากสาเหตุนี้

ผู้วิจัยและคณะทำงาน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ Rigid Plastic, ผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์ประเภท Tube และ Service Pack, ผู้เชี่ยวชาญด้านบรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ และ Sticker, หัวหน้าฝ่ายผลิตประจำสายการผลิต PL, เจ้าหน้าที่ประกันคุณภาพ และผู้เชี่ยวชาญด้านสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ จึงได้วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานด้วยแผนภูมิก้างปลาดังรูปที่ 20 หลังจากวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาแล้วให้คะแนนความสำคัญของสาเหตุปัญหาที่ต้องพิสูจน์

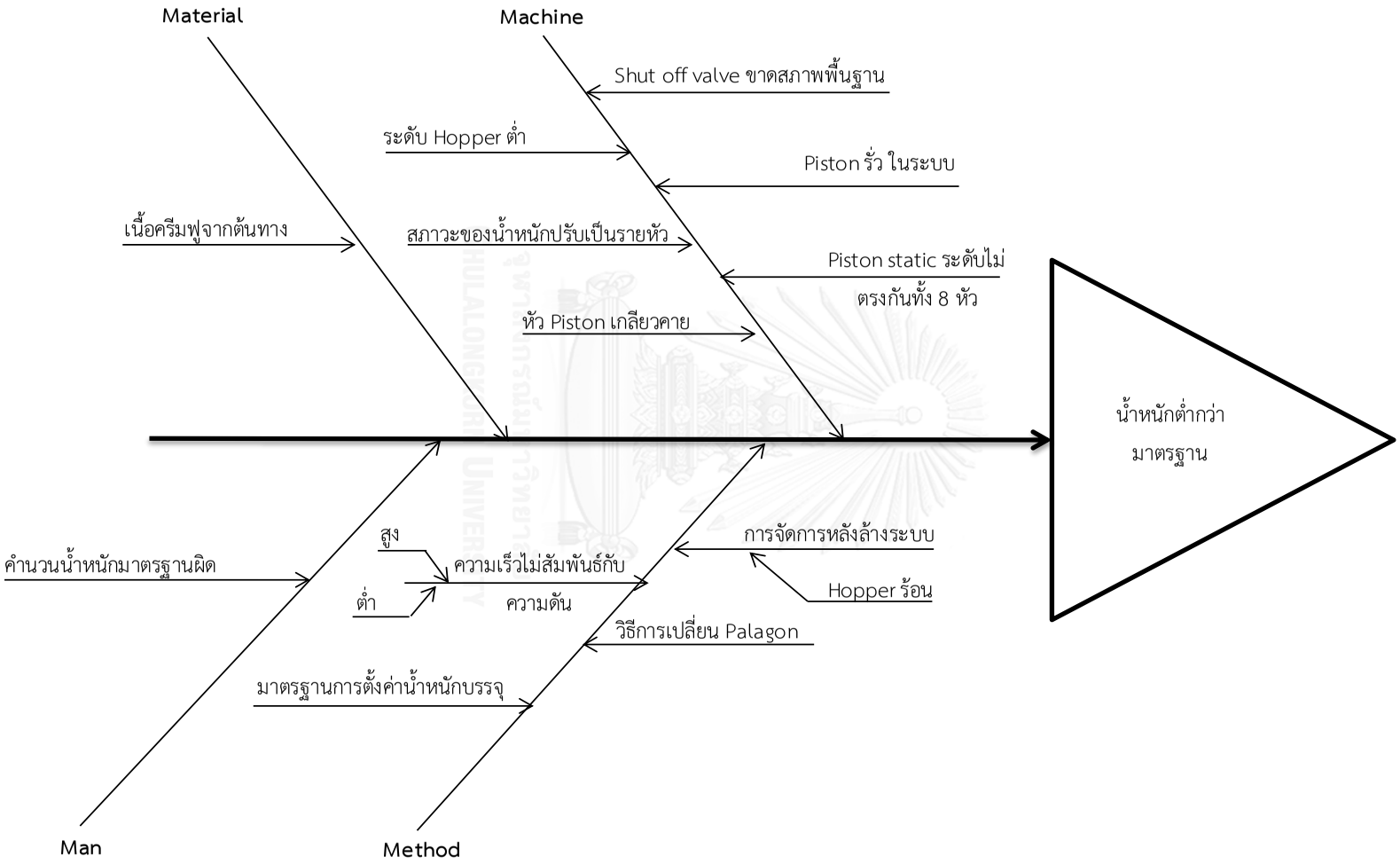
จากความถี่ ความรุนแรง และความเป็นไปได้ที่จะเกิดปัญหา (นิตย์ สัมมาพันธ์ 2532 หน้า 136) ตามเกณฑ์ดังตารางที่ 3 และได้คะแนนความสำคัญของสาเหตุปัญหาที่ต้องพิสูจน์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญของปัญหา

ปัญหา	ความรุนแรง					ความถี่					ความเป็นไปได้					คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1																
2																
3																
4																
5																

ความรุนแรง	คะแนน	ความถี่	คะแนน	ความเป็นไปได้	คะแนน
น้อยที่สุด	1	< 1 ครั้ง/เดือน	1	น้อยที่สุด	1
น้อย	2	1 – 2 ครั้ง/เดือน	2	น้อย	2
ปานกลาง	3	2 – 3 ครั้ง/เดือน	3	ปานกลาง	3
มาก	4	3 – 4 ครั้ง/เดือน	4	มาก	4
มากที่สุด	5	> 4 ครั้ง/เดือน	5	มากที่สุด	5

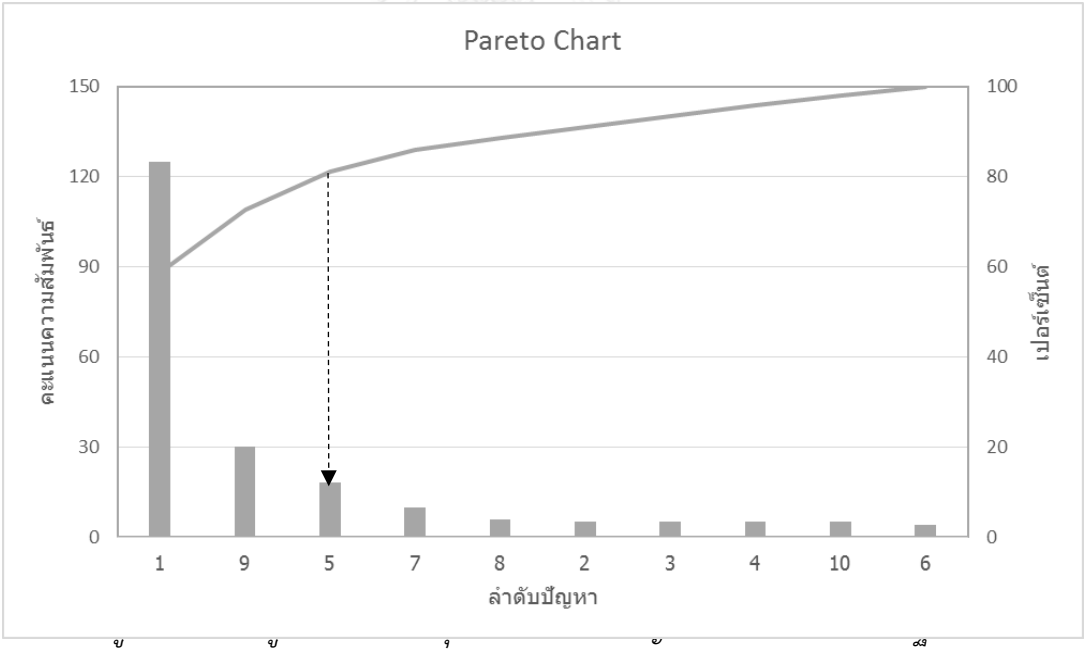
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 20 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4 คะแนนความสำคัญของปัญหาค่า Fill Standard ระหว่างหัวไม่เท่ากัน

ลำดับ	สาเหตุหลัก	สาเหตุปัญหาที่ต้องพิสูจน์	คะแนนความสำคัญ
0	Materials	ไม่มี	ไม่มี
1	Machine	ระดับ Hopper ไม่เหมาะสม	125
2		Shut off valve ขาด basic condition	5
3		Condition ของ weight adjustment by head	5
4		Piston รั่วในระบบ	5
5		หัว Piston เกลียวคลาย	18
6		Piston static ระดับไม่ตรงกันทั้ง 8 หัว	4
7	Man	คำนวณ Standard Weight ผิด	10
8	Method	ความเร็วสูงหรือต่ำเกินไป	6
9		การจัดการหลังล้างระบบ	30
10		มาตรฐานการตั้งค่าน้ำหนักบรรจุ	5



เมื่อพิจารณาจากกราฟพาเรโตดังรูปที่ 20 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการทำให้น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานมีทั้งหมด 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ระดับเนื้อครีมใน Hopper ไม่เหมาะสม ปัจจัยที่ 2 การจัดการหลังล้างระบบด้วยน้ำร้อน ปัจจัยที่ 3 หัว Piston เกลียวคลาย และจาก Cause and Effect ปัจจัยที่ได้คะแนนต่ำถูกตัดออกมีทั้งหมด 7 ปัจจัย ดังนี้คือ

1) Shut off valve ขาด basic condition

2) Condition ของ weight adjustment by head

3) Piston รั่วในระบบ

4) Piston static ระดับไม่ตรงกันทั้ง 8 หัว

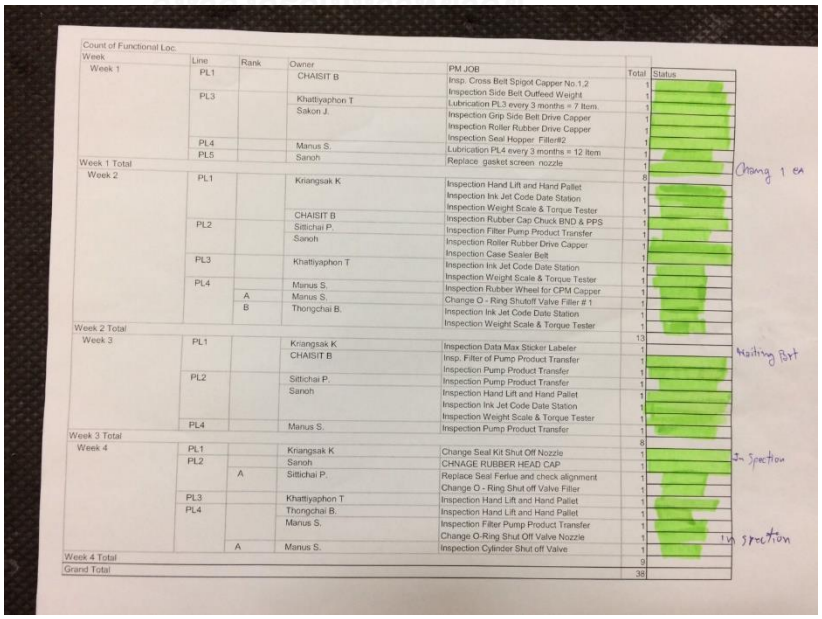
5) คำนวณ Standard Weight ผิด

6) ความเร็วสูงหรือต่ำเกินไป

7) มาตรฐานการตั้งค่าน้ำหนักบรรจุ

จากการระดมสมองและให้คะแนนความสัมพันธ์แต่ละปัจจัยมีเหตุผลของการตัดปัจจัยแบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้ คือ

Basic Condition ของเครื่องจักร คือ ปัจจัยลำดับที่ 1, 2, 3, และ 4 ปัจจัยนี้สามารถแก้ไขได้โดยตั้งค่าเครื่องจักรไปที่ค่าเริ่มต้น และการตรวจสอบความผิดปรกติของเครื่อง ซึ่งมีแผนการตรวจสอบประจำเดือนดังแสดงในรูปที่ 22



Count of Functional Loc.					
Week	Line	Rank	Owner	PM JOB	Total
Week 1	PL1		CHAISIT B	Insp. Cross Belt Spigot Capper No.1,2	1
	PL3		Khattiyaphon T	Inspection Side Belt Outfeed Weight	1
			Sakon J.	Lubrication PL3 every 3 months = 7 Item.	1
				Inspection Grip Side Belt Drive Capper	1
				Inspection Roller Rubber Drive Capper	1
	PL4		Manus S.	Inspection Seal Hopper Filler#2	1
	PL5		Sanoh	Lubrication PL4 every 3 months = 12 Item	1
Week 1 Total				Replace gasket screen nozzle	1
Week 2	PL1		Kriangsak K.		8
				Inspection Hand Lift and Hand Pallet	1
				Inspection Ink Jet Code Date Station	1
			CHAISIT B	Inspection Weight Scale & Torque Tester	1
	PL2		Sittichai P.	Inspection Rubber Cap Chuck BND & PPS	1
			Sanoh	Inspection Filter Pump Product Transfer	1
	PL3		Khattiyaphon T	Inspection Roller Rubber Drive Capper	1
				Inspection Case Sealer Belt	1
	PL4		Manus S.	Inspection Ink Jet Code Date Station	1
		A	Manus S.	Inspection Weight Scale & Torque Tester	1
		B	Thongchai B.	Inspection Rubber Wheel for CPM Capper	1
Week 2 Total				Change O - Ring Shutoff Valve Filler # 1	1
Week 3	PL1		Kriangsak K.	Inspection Ink Jet Code Date Station	1
			CHAISIT B	Inspection Weight Scale & Torque Tester	1
	PL2		Sittichai P.		13
			Sanoh	Inspection Data Max Sticker Labeler	1
	PL4		Manus S.	Insp. Filter of Pump Product Transfer	1
Week 3 Total				Inspection Pump Product Transfer	1
Week 4	PL1		Kriangsak K.	Inspection Pump Product Transfer	1
	PL2		Sanoh	Inspection Hand Lift and Hand Pallet	1
		A	Sittichai P.	Inspection Ink Jet Code Date Station	1
	PL3		Khattiyaphon T	Inspection Weight Scale & Torque Tester	1
	PL4		Thongchai B.	Inspection Pump Product Transfer	1
			Manus S.		8
		A	Manus S.	Change Seal Kit Shut Off Nozzle	1
Week 4 Total				CHNAGE RUBBER HEAD CAP	1
Grand Total				Replace Seal Ferlue and check alignment	1
				Change O - Ring Shut off Valve Filler	1
				Inspection Hand Lift and Hand Pallet	1
				Inspection Hand Lift and Hand Pallet	1
				Inspection Filter Pump Product Transfer	1
				Change O-Ring Shut Off Valve Nozzle	1
				Inspection Cylinder Shut off Valve	1
					9
					38

Status: Change 1 ea; Waiting Part; In Spection; In Spection

รูปที่ 22 รายการตรวจสอบเครื่องจักรประจำเดือน

ความผิดพลาดจากคนทำงานและวิธีการทำงาน คือ ปัจจัยลำดับที่ 5, 6 และ 7 มีการตรวจสอบการทำงานของพนักงาน ดังนี้คือ

- การคำนวณ Standard Weight โดยปรกติจะถูกคำนวณด้วย excel file ซึ่งมีสูตรสำเร็จตั้งไว้ (สูตรการคำนวนจะแสดงรายละเอียดอีกครั้งในหน้า 45) เมื่อทำการตรวจสอบสูตรการคำนวณกับผู้เชี่ยวชาญ(R&D) ไม่พบว่ามีสูตรผิด และเมื่อตรวจสอบการทำงานของพนักงานผู้ที่ใช้สูตรการคำนวณนั้นก็ไม่พบความผิดพลาดดังนั้นปัจจัยลำดับที่ (5) คำนวณ Standard Weight ผิดจึงแสดงคะแนนความสัมพันธ์ที่ต่ำ

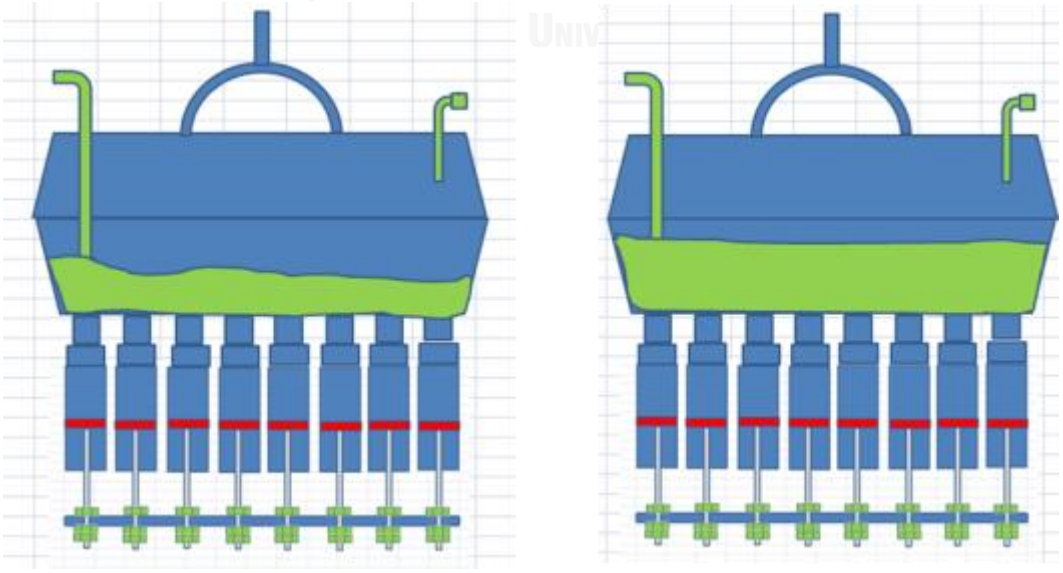
- ต่อมามีการตรวจสอบผู้ปฏิบัติงานว่าได้ตั้งค่าน้ำหนักตามเอกสารที่กำหนดให้หรือไม่ ปรากฏว่าไม่มีความผิดพลาดเช่นกัน ดังนั้นปัจจัยลำดับที่ (7) มาตรฐานการตั้งค่าน้ำหนักบรรจุ จึงแสดงคะแนนความสัมพันธ์ที่ต่ำ

- ส่วนปัจจัยลำดับที่ (6) ความเร็วสูงหรือต่ำเกินไป มีคะแนนความสัมพันธ์ที่ต่ำเนื่องจากถูกปรับตั้งค่าตามความดันเพื่อตั้งค่าให้ได้น้ำหนักตามมาตรฐาน ซึ่งจะถูกตั้งเป็นมาตรฐาน center line

1. ระดับ hopper ไม่เหมาะสม

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

ระดับ Hopper ไม่เหมาะสมคือ เมื่อเนื้อครีมใน Hopper อยู่ในระดับต่ำ Pump จะทำงานเพื่อดูดเนื้อครีมเข้าสู่ Hopper แต่เครื่องยังบรรจุต่อเนื่องอาจทำให้เนื้อครีมไหลเข้า Hopper ไม่ทันทำให้เกิดฟองอากาศในการบรรจุจึงทำให้น้ำหนักไม่ได้ตามกำหนด



รูปที่ 23 ปริมาณเนื้อครีมใน Hopper ต่ำและสูงตามลำดับ

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) ปรับระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 20%, 40%, 60% และ 80%

2) เดินเครื่องบรรจุ และเก็บตัวอย่างตามระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 20%, 40% และ 60% อย่างละ 8 หัว หัวละ 10 ตัวอย่าง จากบรรจุภัณฑ์ทุกขนาดในสายการบรรจุ PL2 ซึ่งมี 5 ขนาดตามปริมาตรที่บรรจุ คือ ขนาด 150 mL, 200 mL, 400 mL, 500 mL และ 1,000 mL รวมเท่ากับ 1,200 ตัวอย่าง

3) ตรวจสอบจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: ปัจจัยของระดับเนื้อครีมใน Hopper ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

H_1: ปัจจัยของระดับเนื้อครีมใน Hopper มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 5 เมื่อปรับระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 20%, 40%, 60% และ 80% ตามลำดับ พบว่าจำนวนของเสียที่น้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานลดลง

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยระดับของเนื้อครีมใน Hopper

ระดับของเนื้อครีมใน Hopper	จำนวนของเสีย (ชิ้น)				
	150 mL	200 mL	400 mL	500 mL	1,000 mL
20%	39	48	48	47	41
40%	15	17	17	18	16
60%	3	3	3	3	3
80%	2	2	3	2	2

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จากรูปที่ 24 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0: ว่าปัจจัยของระดับเนื้อครีมใน Hopper ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน และยอมรับสมมติฐาน H_1: ว่าปัจจัยของระดับเนื้อครีมใน Hopper มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Two-way ANOVA: Defect versus Hopper, Volume

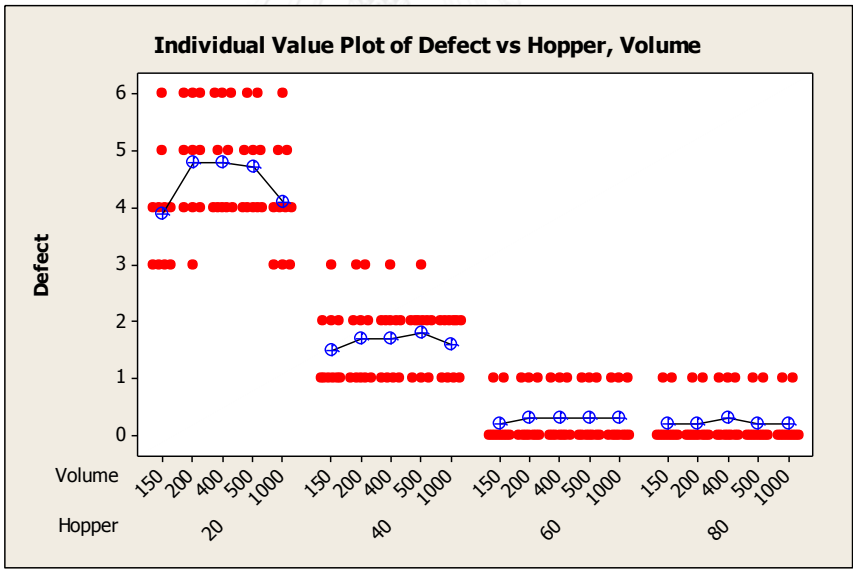
Source	DF	SS	MS	F	P
Hopper	3	590.895	196.965	441.52	0.000
Volume	4	3.420	0.855	1.92	0.110
Interaction	12	4.580	0.382	0.86	0.593
Error	180	80.300	0.446		
Total	199	679.195			

S = 0.6679 R-Sq = 88.18% R-Sq(adj) = 86.93%

รูปที่ 24 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper

<u>สรุปผลทดสอบสมมติฐาน</u>

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยของระดับเนื้อครีมใน Hopper มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะเดิมเมื่อเนื้อครีมใน Hopper อยู่ในระดับต่ำกว่า 20% Pump จึงเริ่มทำงานเพื่อดูดเนื้อครีมเข้าสู่ Hopper แต่เครื่องยังบรรจุเนื้อครีมอย่างต่อเนื่องทำให้เนื้อครีมไหลเข้า Hopper ไม่ทันจนเกิดฟองอากาศในการบรรจุจึงทำให้น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ดังนั้นเมื่อเพิ่มระดับเนื้อครีมใน Hopper ขึ้นในระดับที่สูงกว่า จึงมีผลให้ของเสียที่น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานลดลงดังแสดงในรูปที่ 25



รูปที่ 25 จำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ในแต่ละระดับของเนื้อครีมใน Hopper

จากการทดลองพบว่า ของเสียที่น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานลดลง เมื่อระดับเนื้อครีมใน Hopper อยู่ระดับที่ 60% และ 80% ดังนั้นเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมที่ทำให้ของเสียลดลงจึงทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบว่า ที่ระดับเนื้อครีมใน Hopper ระดับ 60% และ 80% มีของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานต่างกันหรือไหม หลังจากการทดสอบพบว่า ระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 60% และ 80% ไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 26

Paired T-Test and CI: Hopper 60%, Hopper 80%

```
Paired T for Hopper 60% - Hopper 80%

              N    Mean   StDev  SE Mean
Hopper 60%   50  0.2800  0.4536   0.0641
Hopper 80%   50  0.2200  0.4185   0.0592
Difference   50  0.0600  0.3731   0.0528


95% CI for mean difference: (-0.0460, 0.1660)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1.14  P-Value = 0.261
```

รูปที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 60% และ 80%

ดังนั้น จึงเลือกตั้งระดับของเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 60% เนื่องจากมีระบบคงค้างเหลือน้อยกว่าที่ระดับ 80% เมื่อจบกระบวนการบรรจุแต่ละ batch

2. การเริ่มบรรจุหลังล้างระบบ

<u>การทดสอบสมมติฐาน</u>

ก่อนเริ่มการบรรจุหรือเมื่อมีการเปลี่ยน batch การบรรจุ จะมีการล้างระบบใช้เวลา 15 นาที โดยน้ำที่ใช้นั้นอุณหภูมิ 90°C หลังจากล้างระบบเสร็จประมาณ 5 นาที จึงนำเนื้อครีมเข้าสู่ Hopper และทำการ Purge bulk ทิ้ง การปฏิบัติงานเสร็จแล้ว จึงทำการบรรจุลงขวดหรือกระปุก ข้อสมมติฐานคือ เมื่อเนื้อครีมผ่านระบบที่ร้อนจะทำให้เกิดการขยายตัวของเนื้อครีม ทำให้ปริมาตรใน Piston ขยายขึ้นจึงทำให้เมื่อบรรจุน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

รูปที่ 27 ชุดหัวบรรจุ

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) เดินเครื่องบรรจุหลังจากการล้างระบบ 5 นาที วัดอุณหภูมิเนื้อครีมที่บรรจุลงกระปุกแล้ว

2) เก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 อุณหภูมิที่มากกว่า 30°C และช่วงที่ 2 น้อยกว่าอุณหภูมิที่ 30°C โดยเก็บตัวอย่าง 8 หัว หัวละ 20 ตัวอย่าง

3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: ปัจจัยความร้อนในระบบไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

H_1: ปัจจัยความร้อนในระบบมีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังในตารางที่ 6 เมื่อบรรจุครีมที่ช่วงที่ 1 อุณหภูมิที่มากกว่า 30°C และช่วงที่ 2 น้อยกว่าอุณหภูมิที่ 30°C

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยความร้อนในระบบ

การทดลองครั้งที่	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	
	ที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C	ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 30°C
1	6	0
2	5	0
3	6	0
4	5	1
5	4	1
6	5	1
7	6	0
8	7	0
9	5	0
10	4	1
11	6	1
12	5	0
13	4	0

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การทดลองครั้งที่	จำนวนของเสีย (ชิ้น)	
	ที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C	ที่อุณหภูมิน้อยกว่า 30°C
14	4	1
15	6	0
16	5	0
17	5	0
18	5	1
19	4	1
20	4	1
รวม	101	9

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 นั่นคือ ปัจจัยความร้อนในระบบไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน และยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ปัจจัยความร้อนในระบบไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Paired T-Test and CI: > 30°C, < 30°C

```
Paired T for > 30°C - < 30°C

              N   Mean  StDev  SE Mean
> 30°C       20  5.050  0.887    0.198
< 30°C       20  0.450  0.510    0.114
Difference   20  4.600  1.188    0.266


95% CI for mean difference: (4.044, 5.156)
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 17.32  P-Value = 0.000
```

รูปที่ 28 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยความร้อนในระบบ

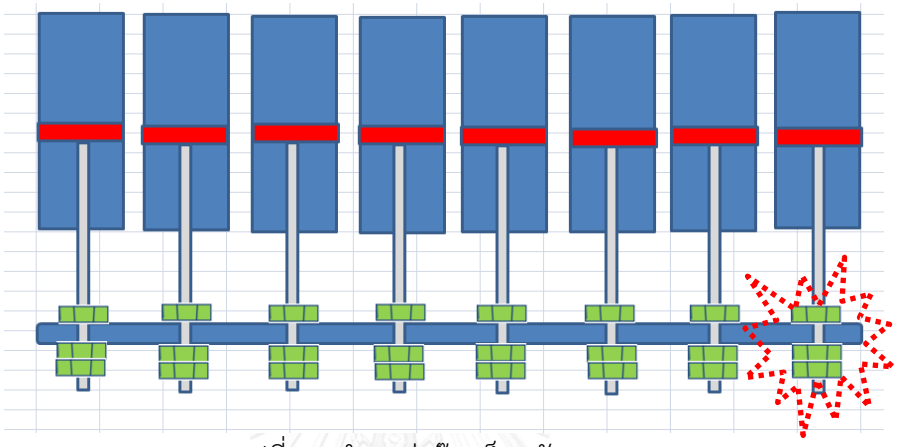
สรุปผลทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยของระดับความร้อนในระบบมีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน จากรูปที่ 28 ช่วงที่ 1 เมื่อทำการบรรจุเนื้อครีมที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C เกิดของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นช่วงหลังจากทำการล้างระบบด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 90°C ช่วงที่ 2 อุณหภูมิน้อยกว่า 30°C เกิดจำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานจำนวนน้อยลงมาก จึงเป็นอุณหภูมิที่เหมาะกับการบรรจุเนื้อครีม

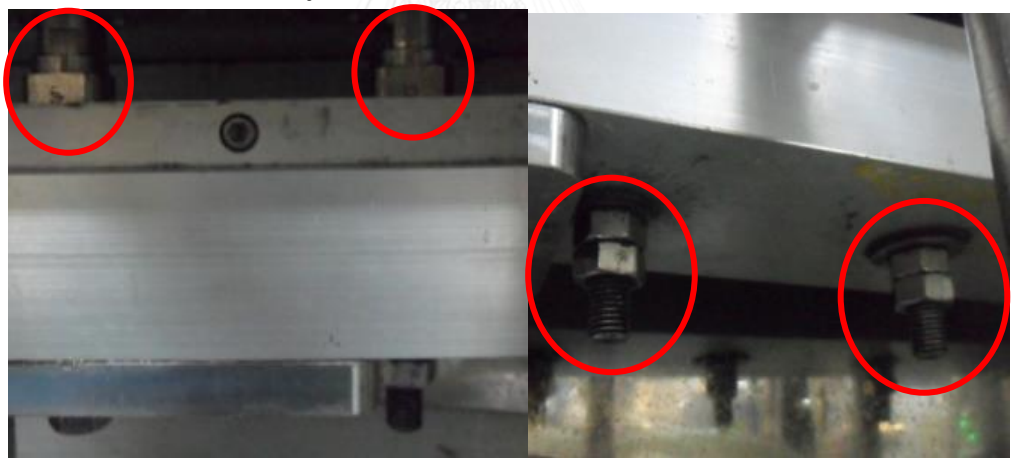
3. หัว Piston เกลียวคลาย

<u>การทดสอบสมมติฐาน</u>

ปกติ Piston ถูกปรับตั้งที่ความแน่น 5 lbf-in ทำงานยกขึ้นและดึงลง โดยอาศัยกระบอกสูบเป็นตัวดึงลง Shut off valve เปิดเพื่อดูดเนื้อครีมจาก Hopper ถ้าหัว Piston คลายตัวจะทำให้การดูดเนื้อครีมไม่เต็มกระบอก ข้อสมมติฐานคือ เมื่อ Piston ไม่แน่นจะมีผลต่อน้ำหนักที่ขาดหายไป



รูปที่ 29 ตำแหน่งน๊อตล็อกหัว piston



รูปที่ 30 ตำแหน่งน๊อตล็อกหัว Piston

<u>ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน</u>

1) ตั้งค่าและวัดค่า Torque Lock Piston 5 lbf-in, 7 lbf-in, 8 lbf-in และ 10 lbf-in

2) เดินเครื่องบรรจุ และเก็บค่าตามระดับความแน่นของ Piston ระดับละ 2 ชั่วโมง

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

H_0: ปัจจัยความแน่นของ Piston ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

H_1: ปัจจัยความแน่นของ Piston มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน เมื่อปรับค่า Torque Lock Piston ที่ 5 lbf-in, 7 lbf-in, 8 lbf-in และ 10 lbf-in พบของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยความแน่นของ Piston

Batch	จำนวนของเสีย (ชิ้น)			
	5 lbf-in	7 lbf-in	8 lbf-in	10 lbf-in
1	4	4	5	3
2	5	3	4	5
3	5	5	4	4

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลจำนวนของเสียน้ำหนักต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.932 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐาน H_0 : ว่าปัจจัยความแน่นของ Piston ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

One-way ANOVA:

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	3	0.0187	0.0062	0.15	0.932
Error	156	6.6750	0.0428		
Total	159	6.6937			

S = 0.2069 R-Sq = 0.28% R-Sq(adj) = 0.00%

รูปที่ 31 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความแน่น Piston

สรุปผลทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยความแน่นของ Piston ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน เพราะทำงานยกขึ้นและดึงลงจึงไม่มีแรงลักษณะหมุนทำให้เกลียวคลายได้ จากการทดลองทั้ง 3 ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน พบว่า ปัจจัยที่ 1 ระดับเนื้อครีมใน Hopper ไม่เหมาะสม มีผลต่อของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ปัจจัยที่ 2 การจัดการหลังล้างระบบด้วยน้ำร้อน มีผลต่อของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน และปัจจัยที่ 3 หัว Piston เกลียวคลาย ไม่มีผลต่อของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน

เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดสอบปัจจัยอีกครั้งผู้วิจัยจึงออกแบบการทดลองระหว่างทั้ง 3 ปัจจัยว่ามีผลร่วมกันและส่งผลต่อของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานหรือไม่ โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล โดยมีปัจจัย 3 ปัจจัย ปัจจัยละ 2 ระดับ และมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง ดังการทดลองต่อไปนี้

การออกแบบการทดลอง

หลังจากทดลองปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper ที่ระดับ 20%, 40%, 60% และ 80% พบว่าที่ระดับ 80% มีจำนวนของเสียไม่แตกต่างกันกับที่ระดับ 60% และที่ระดับ 80% จะเกิดของเสียค้างในระบบจำนวนมากเมื่อจบการบรรจุในแต่ละ batch และปัจจัยการจัดการหลังล้างระบบด้วยน้ำร้อน ที่อุณหภูมิสองช่วง คือ ช่วงที่หนึ่งที่อุณหภูมิ 25°C - 30°C (หรืออุณหภูมิต่ำกว่า 30°C) ซึ่งเป็นอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการบรรจุและช่วงที่สองที่อุณหภูมิ 31°C - 35°C (หรืออุณหภูมิสูงกว่า 30°C) เป็นอุณหภูมิมิหลังจากทำการล้างระบบ และปัจจัยความแน่นของ Piston ที่ 5 lbf-in และ 10 lbf-in ได้แผนการทดลองดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ตารางการออกแบบการทดลองระหว่าง 3 ปัจจัย

ปัจจัย (Factor)	ระดับ (Level)	สัญลักษณ์
1) ความร้อนของระบบ	25°C - 30°C	-1
	31°C - 35°C	1
2) ระดับเนื้อครีมใน Hopper	20%	-1
	60%	1
3) ความแน่นของ Piston	5 lbf-in	-1
	10 lbf-in	1

ขั้นตอนในการทดลอง

ตั้งค่า Piston Torque เป็น 5 lbf-in เดินเครื่องบรรจุหลังจากการล้างระบบ 5 นาที ตั้งระบบเนื้อครีมใน Hopper ให้อยู่ในระดับ 20% เก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 25°C - 30°C (หรืออุณหภูมิต่ำกว่า 30°C) และช่วงที่สองที่อุณหภูมิ 31°C - 35°C (หรืออุณหภูมิสูงกว่า 30°C) เก็บตัวอย่างช่วงล่ะ 8 หัว หัวละ 5 ตัวอย่าง จากนั้น ล้างระบบใหม่ด้วยน้ำร้อน ตั้งค่า Piston Torque เป็น 5 lbf-in เปลี่ยนระดับ Hopper เป็น 60% แล้วเก็บข้อมูลเป็น 2 ช่วงอุณหภูมิเหมือนเดิม จากนั้นเปลี่ยนค่า Piston Torque เป็น 10 lbf-in แล้วทำการทดลองที่ระดับ 20% และ 60% Hopper และแบ่งช่วงอุณหภูมิเป็นค่าสูง และ ต่ำตามลำดับ ทำการทดลองทั้งหมดซ้ำอีกหนึ่งรอบ

ผลการทดลอง

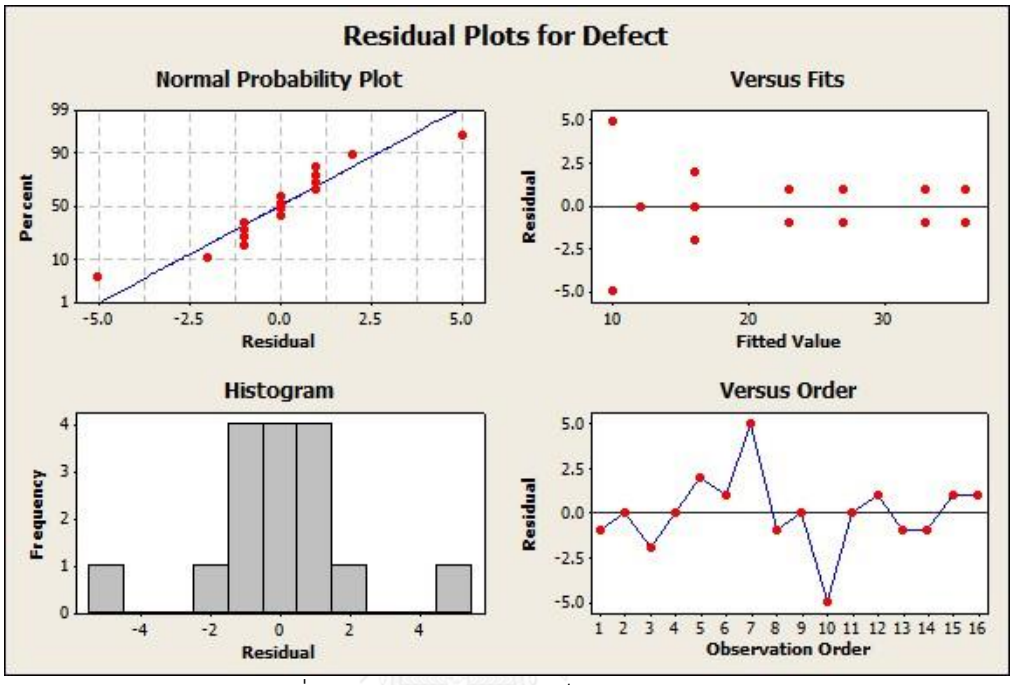
ผลจากการออกแบบการทดลองพบของเสียที่มีน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานแสดงดังตารางที่ 9 ตารางที่ 9 ผลการทดลองปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper ปัจจัยความร้อนในระบบ และปัจจัย Piston Torque

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temp	Hopper	Piston	Defect
10	1	1	1	1	-1	-1	32
3	2	1	1	-1	1	-1	0
1	3	1	1	-1	-1	-1	16
14	4	1	1	1	-1	1	35
9	5	1	1	-1	-1	-1	8
4	6	1	1	1	1	-1	22
12	7	1	1	1	1	-1	24
8	8	1	1	1	1	1	26
7	9	1	1	-1	1	1	1
13	10	1	1	-1	-1	1	14
5	11	1	1	-1	-1	1	16
15	12	1	1	-1	1	1	1
6	13	1	1	1	-1	1	37
2	14	1	1	1	-1	-1	34
16	15	1	1	1	1	1	28
11	16	1	1	-1	1	-1	15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ผลการลอง

การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูลเพื่อยืนยันว่าการออกแบบการทดลองมีความถูกต้อง จากรูปที่ 34 พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ แสดงว่าการทดลองมีความน่าเชื่อถือ



รูปที่ 32 การทดสอบความเป็นปกติของข้อมูล

ดังนั้นจึงได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Minitab ได้ผลดังรูปที่ 33

Analysis of Variance for Defect (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	1286.75	1286.75	428.92	51.99	0.000
Temp	1	1056.25	1056.25	1056.25	128.03	0.000
Hopper	1	210.25	210.25	210.25	25.48	0.001
Piston	1	20.25	20.25	20.25	2.45	0.156
2-Way Interactions	3	28.75	28.75	9.58	1.16	0.383
Temp*Hopper	1	20.25	20.25	20.25	2.45	0.156
Temp*Piston	1	6.25	6.25	6.25	0.76	0.409
Hopper*Piston	1	2.25	2.25	2.25	0.27	0.616
3-Way Interactions	1	0.25	0.25	0.25	0.03	0.866
Temp*Hopper*Piston	1	0.25	0.25	0.25	0.03	0.866
Residual Error	8	66.00	66.00	8.25		
Pure Error	8	66.00	66.00	8.25		
Total	15	1381.75				

รูปที่ 33 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของระดับเนื้อครีมใน Hopper ความร้อนในระบบ และ Piston Torque

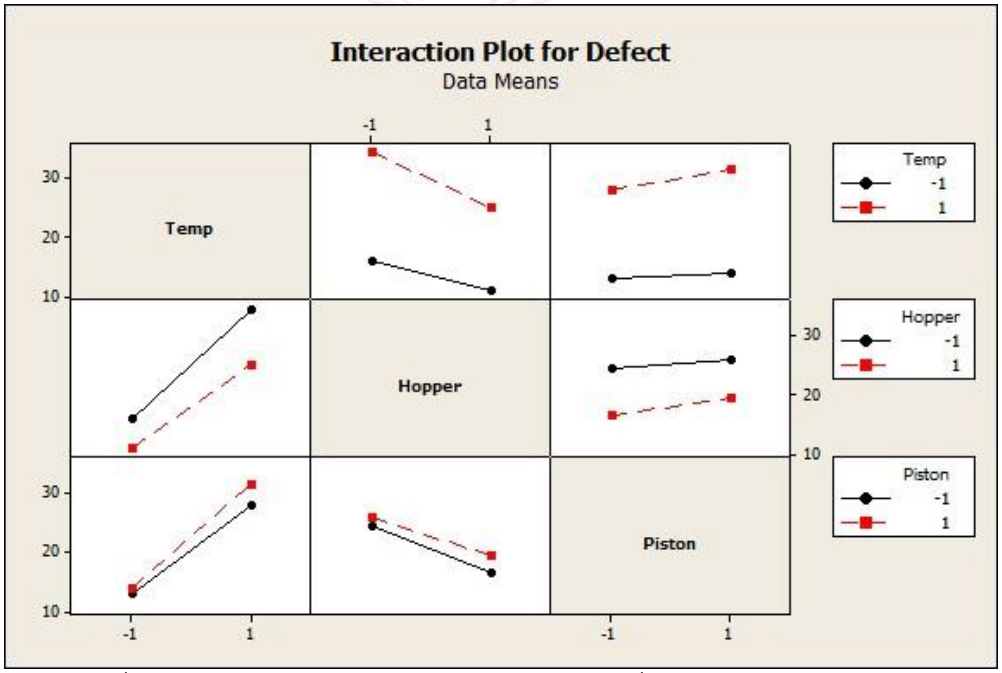
จากรูปที่ 33 สามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปัจจัยความร้อนในระบบ มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยความร้อนในระบบมีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ปัจจัยระบบเนื้อครีมใน Hopper มีค่า P-Value เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยระดับเนื้อครีมใน Hopper มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3) ปัจจัยความแน่นของ Piston torque มีค่า P-Value เท่ากับ 0.156 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัย Piston torque ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4) ไม่มีค่าอันตกิริยาระหว่าง 2 ปัจจัย และไม่มีค่าอันตกิริยาระหว่าง 3 ปัจจัย ซึ่งสอดคล้องกับกราฟอันตกิริยาในรูปที่ 34



รูปที่ 34 แผนภาพแสดงอันตรกิริยาของปัจจัยหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง

<u>สรุปผลการทดลอง</u>

หลังจากนั้นได้หาค่าที่ดีที่สุดของกระบวนการโดยการทำ Optimization Plot ได้ค่าดังรูปที่ 35 เพื่อให้เกิดของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานจำนวนน้อยที่สุดจึงควรเริ่มบรรจุเมื่ออุณหภูมิ 25°C - 30°C (หรืออุณหภูมิต่ำกว่า 30°C) ปรับระดับเนื้อครีมใน Hopper ให้อยู่ในระดับ 60% และปรับค่าความแน่นของ Piston ให้อยู่ที่ 5 lbf-in

Response Optimization

Parameters

	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Import
Defect	Target	0	1	15	1	1

Global Solution

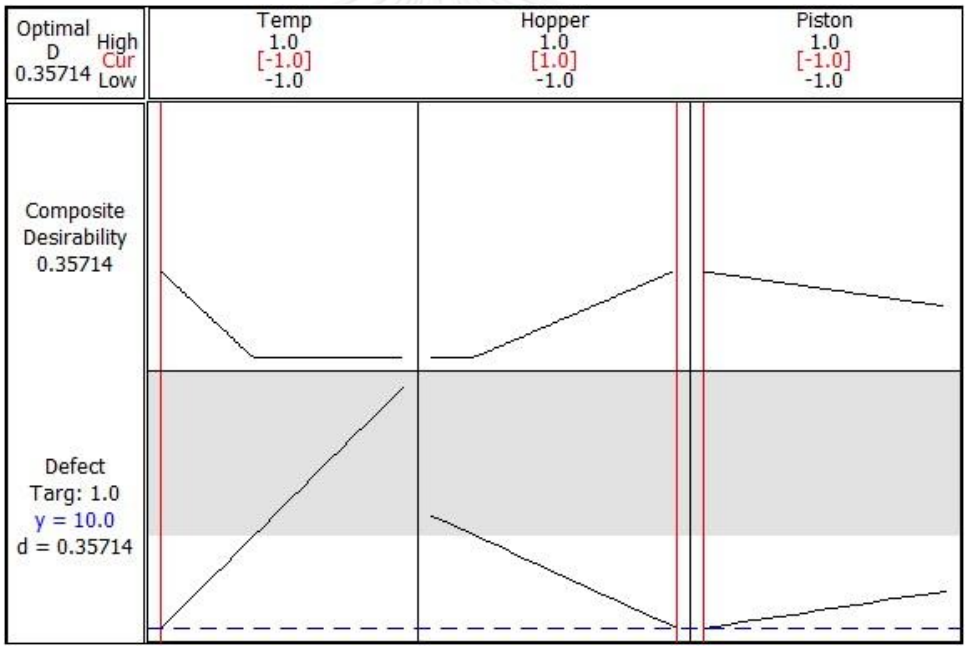
Temp = -1
Hopper = 1
Piston = -1

Predicted Responses

Defect = 10 , desirability = 0.357143

Composite Desirability = 0.357143

รูปที่ 35 ผล Optimization ของกระบวนการ



รูปที่ 36 แผนภาพ Optimization ของกระบวนการ

3.3.2 เนื้อครีมล้น

เนื้อครีมล้น จากการ Brainstorming ของผู้วิจัยและคณะทำงานพบว่า ปัญหาเนื้อครีมล้นเกิดขึ้นเฉพาะบาง batch ที่ Bulk ฟู เนื่องมาจากมีเนื้อครีมที่ฟูมาตั้งแต่กระบวนการผสม ซึ่งการที่เนื้อครีมที่ฟูหรือมีความหนาแน่นต่ำเกิดขึ้นเพียงบาง batch เท่านั้น และปัจจุบันยังไม่สามารถหาสาเหตุที่แน่ชัดได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่ขอลงรายละเอียดในส่วนนี้ แต่จากการพิสูจน์พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ตามระยะการทดสอบรอบสุดท้าย ความหนาแน่นของเนื้อครีมยังคงสภาพเดิมไม่เปลี่ยนแปลงจากตอนแรก และพบว่าเนื้อครีมที่ฟูหรือมีความหนาแน่นต่ำไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของครีม ดังนั้นจึงถือว่าเป็นสิ่งที่สามารถยอมรับได้ในส่วนการผลิต แต่จะพบปัญหาเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุ คือ เมื่อบรรจุตามน้ำหนักมาตรฐาน batch ที่มีเนื้อครีมฟูจะล้นจากบรรจุภัณฑ์ จึงทำให้เกิดของเสีย

<u>การทดสอบสมมติฐาน</u>

เนื่องจาก batch ที่มีเนื้อครีมฟูนั้นมีความหนาแน่นต่ำ เมื่อบรรจุด้วยน้ำหนักมาตรฐานทำให้มีปริมาตรสูงกว่าปกติ การบรรจุเนื้อครีมฟูตามน้ำหนักมาตรฐานจึงไม่เหมาะสม ข้อสมมติฐานคือ จากเดิมใช้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาค่าน้ำหนักมาตรฐานจึงทำให้ได้น้ำหนักมาตรฐานมาเพียงค่าเดียวต่อผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ดังแสดงในรูปที่ 34 ซึ่งค่าน้ำหนักมาตรฐานที่ได้มานั้นเหมาะสำหรับ batch ที่เนื้อครีมมีความหนาแน่นปกติ แต่ไม่เหมาะสำหรับ batch ที่มีเนื้อครีมฟู เนื่องจากการบรรจุตามค่ามาตรฐานตามปกตินั้นจะทำให้มีเนื้อครีมล้นออกจากบรรจุภัณฑ์ ทำให้เกิดเป็นของเสียที่มีสาเหตุมาจากเนื้อครีมล้น ในส่วนของปัญหานี้ผู้วิจัยจึงจัดทำเอกสารแนะนำการปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นจริงของเนื้อครีมในแต่ละ batch ดังแสดงในรูปที่ 35

<u>สูตรการคำนวณค่าน้ำหนัก</u>

Trade Weight = (Size (Artwork) x 0.997 x SG) + W.L.F.

Lower Spec Limit = Trade Weight - Tol Def

Target = Lower Spec Limit + 2.326 x SD

Lower Target Limit = Target - 3 (SD/$\sqrt{n}$)

Upper Target Limit = Target + 3 (SD /$\sqrt{n}$)

เมื่อ

Trade Weight คือ น้ำหนักตามกฎหมาย

Labeled Weight คือ น้ำหนักตามฉลากระบุ

SG (Specific Gravity) คือ ความหนาแน่นของเนื้อครีม

W.L.F. คือ ค่าน้ำหนักที่หายไปตามอายุผลิตภัณฑ์ 3 ปี = %Weight loss x SG x Size (Artwork)

Size (Artwork) คือ ปริมาตรตามฉลาก

Lower Spec Limit คือ น้ำหนักต่ำสุดที่สามารถรับได้

Tol Def คือ ความบกพร่องของน้ำหนักที่สามารถรับได้ (แล้วแต่ประเทศ) โดยมากจะถูกกำหนดเป็นศูนย์

Target คือ ค่าน้ำหนักเป้าหมาย

Lower Target Limit ค่าต่ำกว่าเป้าหมายที่แสดงว่าต้องเริ่มทำการปรับค่า

Upper Target Limit ค่าสูงกว่าเป้าหมายที่แสดงว่าต้องเริ่มทำการปรับค่า

<u>ตัวอย่างการคำนวณ</u>

ครีมนวดผมขนาด 150 ml

ความหนาแน่น (SG) สำหรับการผลิต batch นั้นคือ 1 g/ml

SD = 1.3

Sample size = 4

%Weight loss = 2.6%

W.L.F. = 2.6% x 1 x 150 = 3.9 g

Trade Weight = (150 x 0.997 x 1) + 3.9 = 153.45

Lower Spec Limit = 153.45 - 0 = 153.45

Target = 153.45 + 2.326 x 1.3 = 156.47

Lower Target Limit = 156.47 - 3 (1.3/$\sqrt{4}$) = 154.52

Upper Target Limit = 156.47 + 3 (1.3/$\sqrt{4}$) = 158.42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

PACKING INSTRUCTION Restricted											
TITLE	Standard Filled Weight For Wella/System Professional Care Bottle 150 ml										
Reason for Issue / Revision:	New						**PI GCAS Code**	94530357			
							Version	001			
							Supersedes	NA			
							Originator	Hathaichanok Promson			
							Date of issue	See technical standard form			
							Line	PL2			
Standard Filled Weight											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chg.	**Formula**	**Size (ml)**	**Specific Gravity**	**SD**	**Weight Loss %**	**Trade Weight g**	**Lower Spec limit (LSL) g**	**Lower Target limit (LTGT) g**	**Target Weight (TGT) g**	**Upper Target limit (UTGT) g**	**Maximum Weight (USL) g**
	92235207	150	1.000	1.3	2.6	153.5	153.5	154.5	156.5	158.4	N/A

รูปที่ 37 Fill weight แบบเก่าจะแสดงเพียงค่าเดียว

PACKING INSTRUCTION Restricted											
TITLE	Standard Filled Weight For Wella/System Professional Care Bottle 150 ml										
Reason for Issue / Revision:	Add Specific Gravity						**PI GCAS Code**	94530357			
							Version	002			
							Supersedes	94530357.001			
							Originator	Hathaichanok Promson			
							Date of issue	See technical standard form			
							Line	PL2			
Standard Filled Weight											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chg.	**Formula**	**Size (ml)**	**Specific Gravity**	**SD**	**Weight Loss %**	**Trade Weight g**	**Lower Spec limit (LSL) g**	**Lower Target limit (LTGT) g**	**Target Weight (TGT) g**	**Upper Target limit (UTGT) g**	**Maximum Weight (USL) g**
	92235207	150	0.995	1.3	2.6	152.7	152.7	153.8	155.7	157.7	N/A
	92235207	150	0.996	1.3	2.6	152.8	152.8	153.9	155.9	157.8	N/A
	92235207	150	0.997	1.3	2.6	153.0	153.0	154.1	156.0	158.0	N/A
	92235207	150	0.998	1.3	2.6	153.1	153.1	154.2	156.2	158.1	N/A
	92235207	150	0.999	1.3	2.6	153.3	153.3	154.4	156.3	158.3	N/A
	92235207	150	1.000	1.3	2.6	153.5	153.5	154.5	156.5	158.4	N/A

รูปที่ 38 Fill weight แบบใหม่จะแสดงหลายค่า

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) ปรับค่าน้ำหนักตามแบบเก่าและปรับค่าน้ำหนักตามความหนาแน่นของ batch ที่ทำการทดสอบอย่างละครึ่งแบทการผลิต

2) เดินเครื่องบรรจุ และนับจำนวนของเสียที่ล้น

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: การปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นของเนื้อครีมไม่มีผลต่อของเสียที่ล้น

H_1: การปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นของเนื้อครีมมีผลต่อของเสียที่ล้น

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากความหนาแน่นจริงของครีม (แบบใหม่) เท่ากับ 3.50 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากความหนาแน่นเฉลี่ยของครีม (แบบเก่า) เท่ากับ 3.50 จึงสามารถนำมาคำนวณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 125 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูปที่ 40 และเนื่องจากการทดลองเบื้องต้นใช้จำนวนตัวอย่าง 1,200 ตัวอย่าง การทดลองจึงสามารถนำไปวิเคราะห์ได้เลย

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing comparison p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline p = 0.035
Alpha = 0.05

Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.173	125	0.95	0.951227

The sample size is for each group.

รูปที่ 39 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานของความหนาแน่นของครีม

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานเมื่อปรับค่าน้ำหนักตามแบบเดิมซึ่งใช่ความหนาแน่นเฉลี่ยในการคำนวณน้ำหนัก และแบบใหม่คือใช้น้ำหนักตามความหนาแน่นของครีมแต่ละ batch พบของเสียที่เกิดจากความหนาแน่นจริงของครีม (แบบใหม่) 3.50% และของเสียที่เกิดจากความหนาแน่นเฉลี่ยของครีม (แบบเก่า) 17.33% ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานของการคำนวณน้ำหนักตามความหนาแน่นจริงของครีม

ความหนาแน่นที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนัก	จำนวนตัวอย่าง	ของเสียจากครีมล้น	%ของเสีย
ความหนาแน่นเฉลี่ย(แบบเก่า)	1,200	208	17.33
ความหนาแน่นจริง (แบบใหม่)	1,200	42	3.50

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียน้ำหนักสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 ว่าปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นของเนื้อครีมไม่มีผลต่อของเสียที่ล้น และยอมรับ H_1 ว่าปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นของเนื้อครีมมีผลต่อของเสียที่ล้น โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดของเสีย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Test and CI for Two Proportions: Sample 2, Sample 1

```
Event = Y


Sample 1     X     N  Sample p
1          992  1200  0.826667
2         1158  1200  0.965000


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.138333
95% CI for difference:  (-0.162141, -0.114525)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -11.39  P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ 40 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของความหนาแน่นของเนื้อครีม

สรุปผลทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยความหนาแน่นของเนื้อครีมที่มีปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นเฉลี่ย (แบบเก่า) ทำให้เกิดของเสียที่ล้น เนื่องจากเนื้อครีมบาง batch เป็นเนื้อครีมฟู เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นเฉลี่ย (แบบเก่า) ของเนื้อครีม และการปรับน้ำหนักตามความหนาแน่นจริง (แบบใหม่) ของเนื้อครีม สามารถสรุปได้ว่าการปรับน้ำหนักความหนาแน่นของเนื้อครีมมีผลต่อของเสียที่ล้น

3.3.3 การทำความสะอาดขั้นแรก (Pre cleaning line)

เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดโดยการปล่อยเนื้อครีมให้ไหลไปตามท่อบรรจุ เพื่อไล่สิ่งตกค้างหลังการล้างทำความสะอาดเครื่องด้วยน้ำร้อนก่อนเริ่มกระบวนการบรรจุ ซึ่งเนื้อครีมที่ถูกใช้ในส่วนของขั้นตอนการทำความสะอาดขั้นแรก (Pre cleaning line) นี้จะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เนื้อครีมในส่วนนี้เป็นส่วนที่ต้องยอมสูญเสียไปเพื่อเป็นการยืนยันได้ว่าในกระบวนการบรรจุเนื้อครีมไม่มีสิ่งปนเปื้อนในกระบวนการอย่างแน่นอน หลังการล้างด้วยเนื้อครีม จะมีการเก็บเนื้อครีมส่วนที่

เตรียมจะบรรจุไปตรวจหาเชื้อแบคทีเรีย เพื่อยืนยันผล โดยปกติจะใช้ครีม batch ละ 64 กิโลกรัม ในการไล่ระบบ ใน 1 เดือนมีการผลิต 20 – 25 batch ดังนั้นเนื้อครีมในส่วนนี้สูญเสียไปจากการไล่ระบบ 1,280 – 1,600 กิโลกรัม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ MU เท่ากับ 0.65% MU

3.4 การวิเคราะห์ปัญหาที่ทำให้เกิดการสูญเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3

ขั้นตอนการบรรจุครีมยืดผมในสายการบรรจุ PL3 มีขั้นตอนดังนี้

1) กระปุกครีมยืดผมจะถูกบรรจุด้วยหัวบรรจุ

2) จากนั้นจะเคลื่อนที่ไปตามสายพาน แล้วถูกปิดฝาใน (Inner Cap) โดยพนักงาน

รูปที่ 41 วิธีการปิด Inner Cap โดยพนักงาน

3) กระปุกที่บรรจุแล้วจะผ่านเครื่องปิดฝา

4) ยิงรหัสการผลิต (Code date) ที่ใต้กระปุก

5) กระปุกผ่านไปติด label ที่เครื่อง labeler

6) จากนั้นจะมีพนักงานหยิบลงกล่อง แล้วปิดผนึก

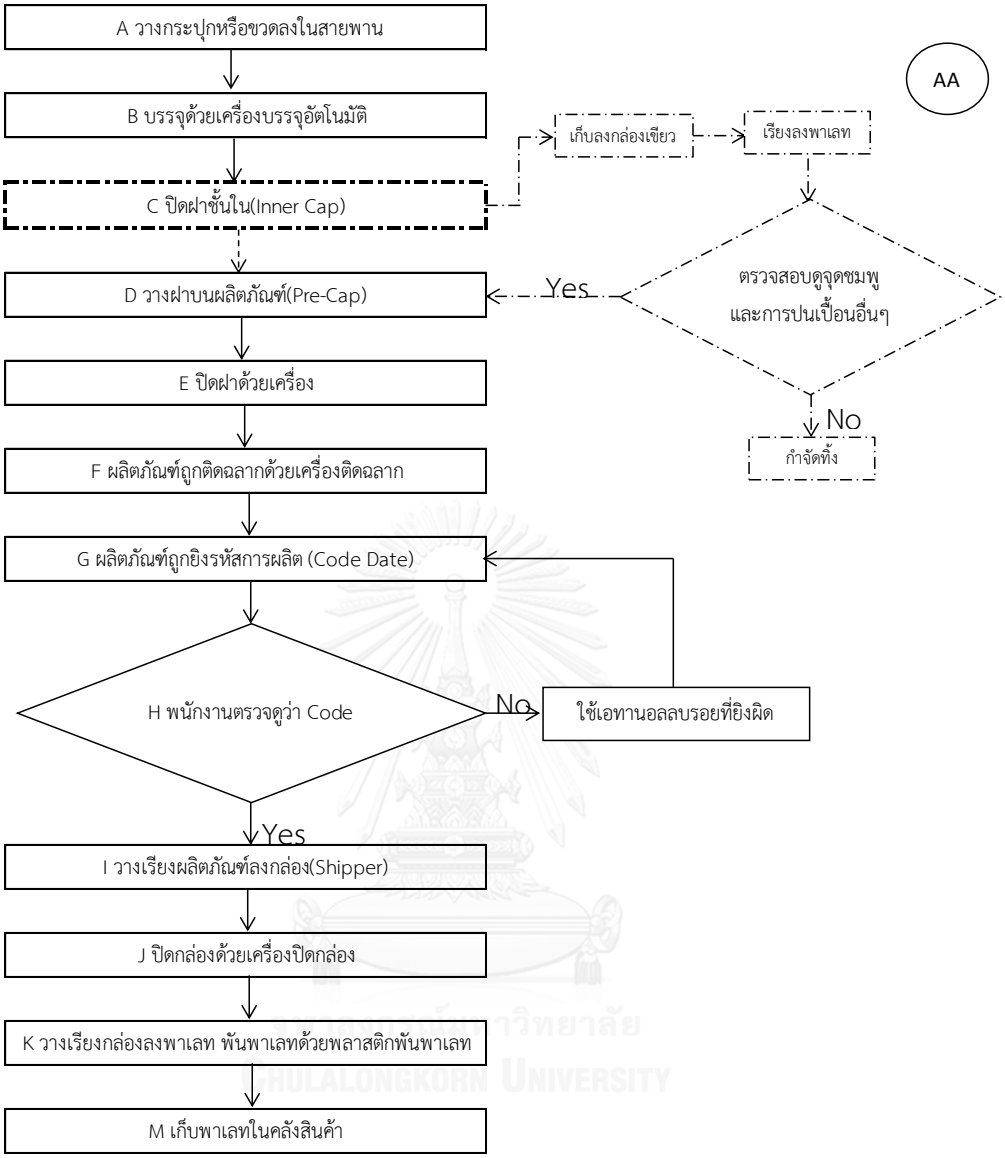
ถ้ามีพนักงานพบจุดสีชมพูหลังการปิด Inner Cap จะดำเนินการคัดสินค้า 100% คือหลังการผลิตเสร็จ มีการนำสินค้าทุกชิ้นมาเปิด เพื่อตรวจสอบว่ามีจุดสีชมพูหรือไม่ ถ้ามีจุดสีชมพูจะถูกแยกออกแล้วนำไปทำลาย

ผลิตภัณฑ์ที่ถูกบรรจุในสายการบรรจุ PL3 มี 4 ประเภทดังต่อไปนี้ แต่ล่ะประเภทจะใช้บรรจุภัณฑ์แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์ในสายการบรรจุ PL3

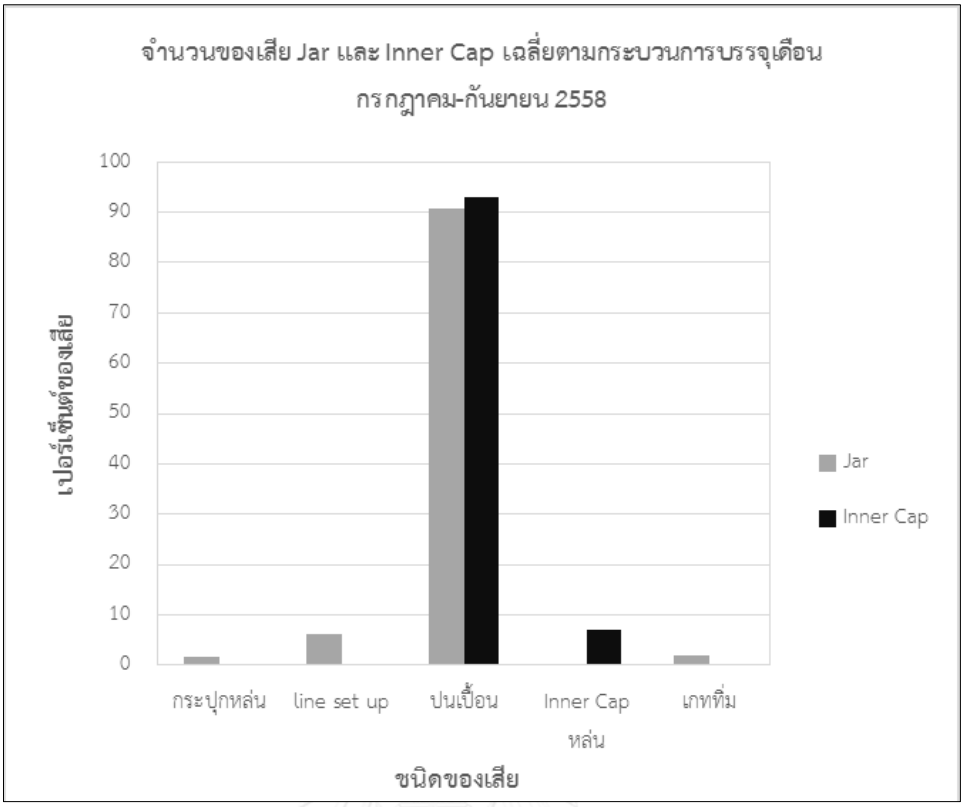
ประเภทผลิตภัณฑ์	รูปผลิตภัณฑ์	บรรจุภัณฑ์ที่เป็นส่วนประกอบ
น้ำยาดัดผม 1000ml (Perm liquid 1000ml)		1) ฝา(Cap) 2) ขวด(Bottle) 3) ฉลาก(Label) 4) กล่อง(Shipper)
ครีมยืดผม 400ml (Perm cream 400ml)		1) ฝา(Cap) 2) ฝาชั้นใน(Inner Cap) 3) กระปุก(Jar) 4) ฉลาก(Label) 5) กล่อง(Shipper) 6) กระดาษกั้น(Partition) 7) Sticker
น้ำยาดัดผม 400ml (Perm liquid 400ml)		1) ฝา(Cap) 2) ขวด(Bottle) 3) ฉลาก(Label) 4) กล่อง(Shipper) 5) ใบแทรก(Leaflet)
น้ำยาดัดผมพร้อมใช้ 100+100ml (Perm kit set 100+100ml)		1) ฝา(Cap) 2) ขวด(Bottle) 3) ฉลาก(Label) 4) กล่อง(Carton) 5) ใบแทรก(Leaflet) 6) Virgin Sticker 7) กล่อง (Shipper)

จากตารางที่ 11 จะพบว่า JarPL3 และ Inner CapPL3 เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ครีมยืดผมขนาด 400 มิลลิลิตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เข้าไปศึกษาสายการบรรจุ PL3 ดังรูปที่ 43



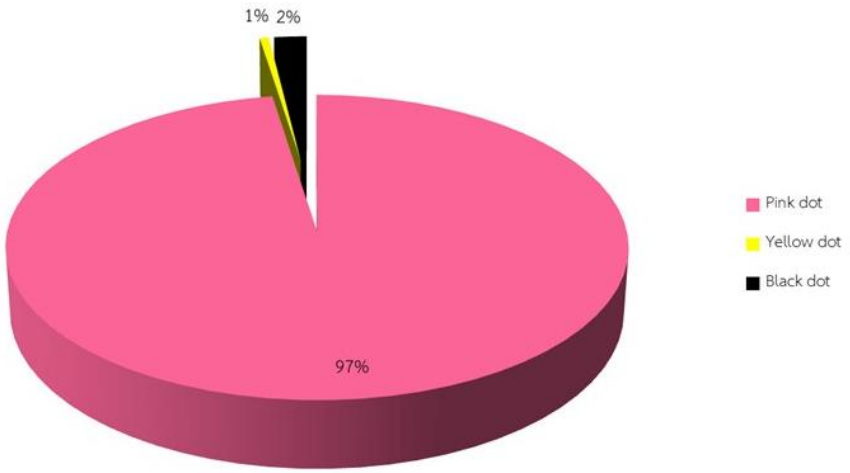
รูปที่ 42 ขั้นตอนการทำงานของสายการบรรจุ PL3

กระบวนการบรรจุของสายการบรรจุ PL3 มีการบรรจุผลิตภัณฑ์ 4 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 11 โดยมีกระบวนการหลัก A-M และมีกระบวนการพิเศษคือ AA ที่จัดขึ้นเพื่อผลิตภัณฑ์ครีมยืดผม ขนาด 400 มิลลิลิตร จากกระบวนการบรรจุของสายการบรรจุ PL3 ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลของเสียเฉพาะ JarPL3 และ Inner CapPL3 ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ แสดงดังรูปที่ 44



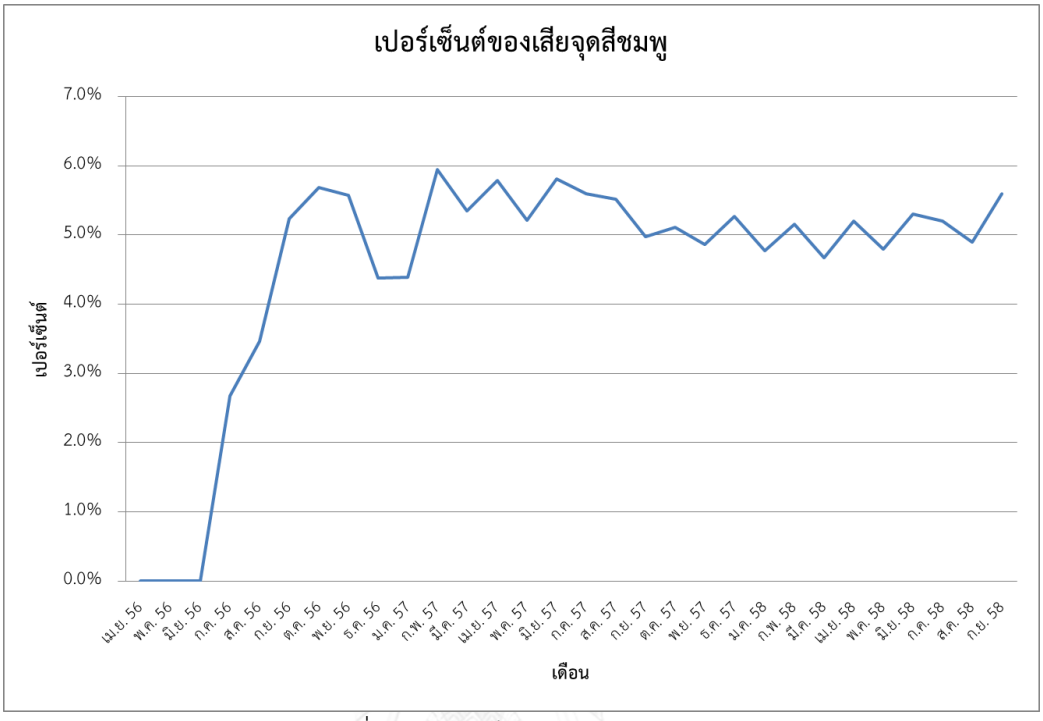
รูปที่ 43 ของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ

จากกราฟจะพบว่ามีของเสีย JarPL2 และ Inner CapPL2 จากการเกิดจุดชมพูที่กระบวนการ AA ซึ่งเป็นกระบวนการเพิ่มเติมที่เพิ่มขึ้นเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนในเนื้อครีมหลังการบรรจุ โดยการปนเปื้อนแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ จุดชมพู จุดดำ และจุดเหลือง การเกิดจุดทั้ง 3 แบบบนเนื้อครีมจะต่างกันโดย จุดดำและจุดเหลืองจะเกิดขึ้นทันทีหลังการปิด Inner cap แต่จุดชมพูจะค่อยๆเกิดหลังจาก 15 นาทีผ่านไป



รูปที่ 44 แผนภาพปริมาณของเสียประเภทการปนเปื้อนบนเนื้อครีม

จากรูปที่ 45 พบว่าปัญหา Pink dot หรือการเกิดจุดสีชมพูเป็นปัญหาหลัก จึงได้ทำการศึกษาจุดสีชมพูอย่างละเอียด



รูปที่ 45 เปอร์เซ็นต์ของเสียจุดสีชมพู

จากข้อมูลย้อนหลังพบว่ามีการพบจุดสีชมพู (ตัวอย่างชิ้นงานที่เกิดจุดสีชมพูดังแสดงรูปที่ 47) ครั้งแรกเมื่อเดือนกรกฎาคม 2556 โดยพบทุก batch การผลิต ปัญหานี้ได้ส่งผลกระทบต่อระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต ปกติใช้เวลา 4 ชั่วโมงต่อ 1 batch การผลิตประมาณ 6,000 กระปุก หลังจากพบปัญหา ต้องใช้เวลาอีก 4 ชั่วโมงตรวจสอบทุกชิ้นงาน เพื่อป้องกันไม่ให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหาหลุดไปถึงมือลูกค้าได้ (กระบวนการเพิ่มเติม AA)

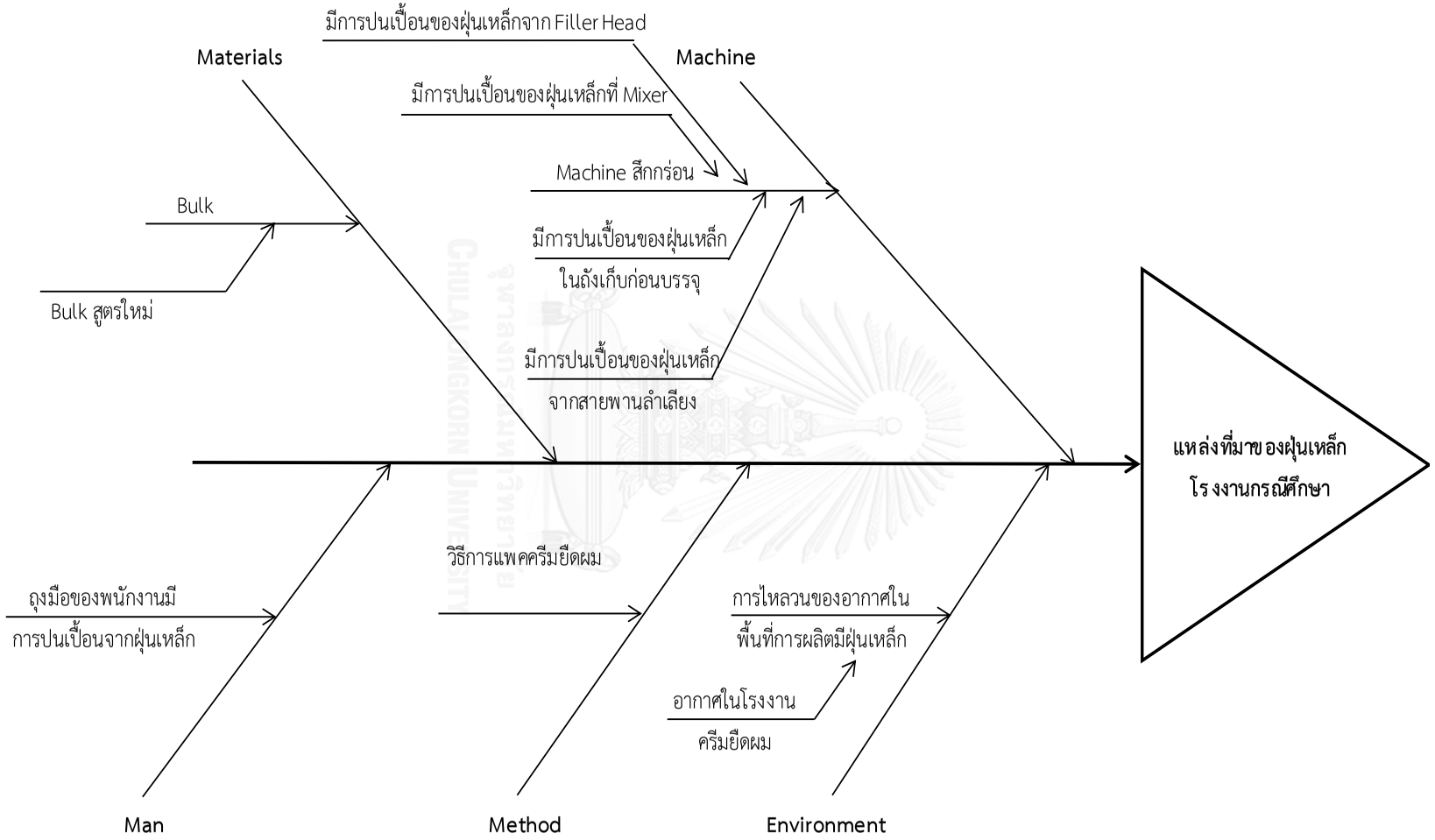
รูปที่ 46 ตัวอย่างชิ้นงานที่เกิดจุดสีชมพู

3.4.1 การเกิดจุดชมพู

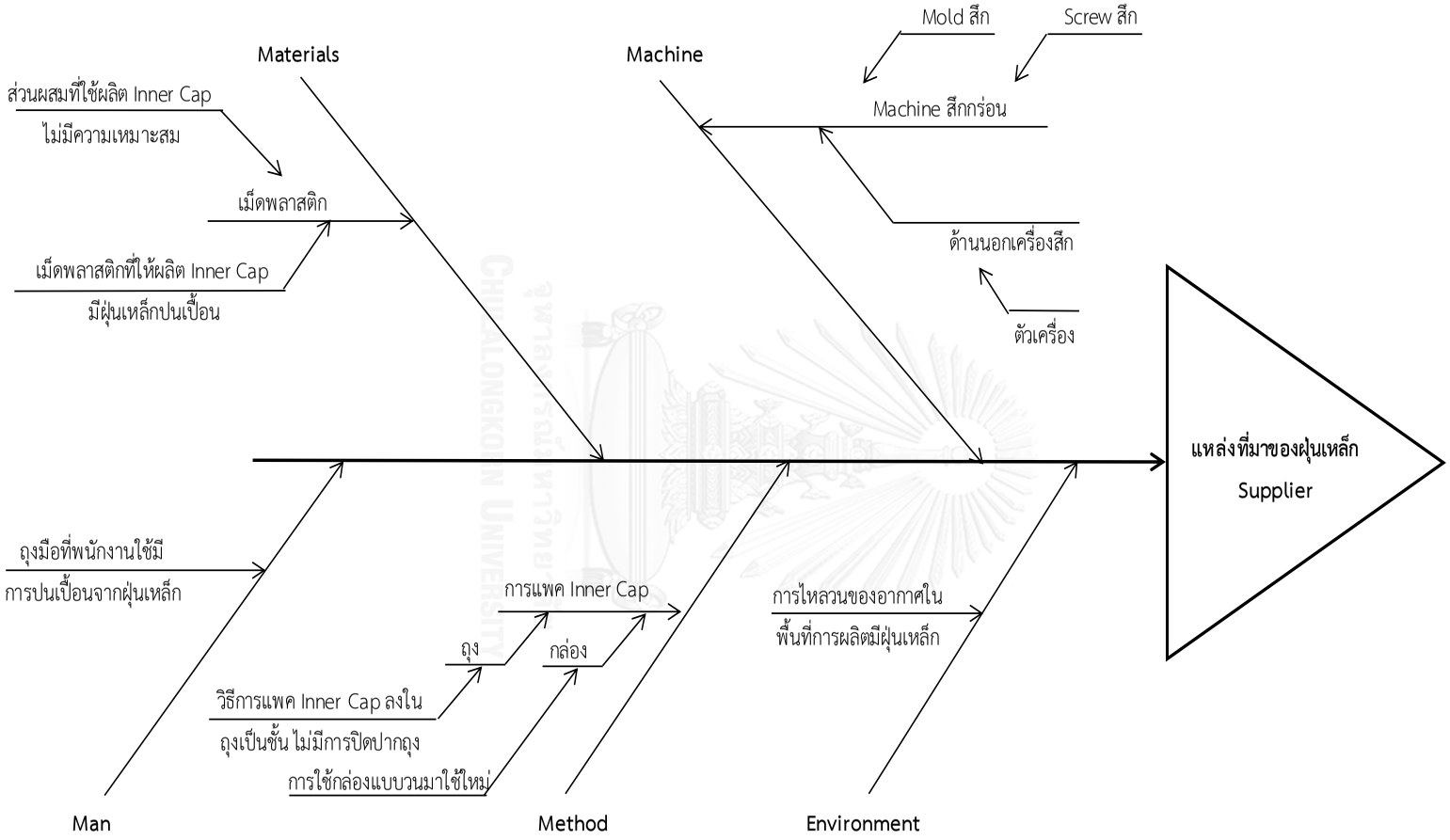
การวิเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญของบริษัทสามารถบ่งชี้ได้ว่า การเกิดจุดสีชมพูบนเนื้อครีมเกิดจากการทำปฏิกิริยาของสารประกอบเหล็กและ Ammonium Thioglycolate ซึ่งเป็นสารประกอบหลักในครีมยืดผม และตามปฏิกิริยา Iron-Cysteinate Complexes by Nobuyuki Tanaka, I. M. Kol ก็บ่งชี้ได้สอดคล้องกัน ดังนั้นสารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดจุดสีชมพูคือเหล็ก จึงจะทำการค้นหาแหล่งที่มาของเหล็กและทำการแก้ปัญหาต่อไป

เนื่องด้วยปัญหาดังกล่าว งานวิจัยฉบับนี้จึงได้ใช้แผนภูมิก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ทำให้เกิดสารประกอบเหล็กในเบื้องต้น ดังแสดงในรูปที่ 48 และรูปที่ 49 จากนั้นจึงให้คะแนนความสำคัญของปัญหาเกิดฝุ่นเหล็กปนเปื้อน ดังตารางที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



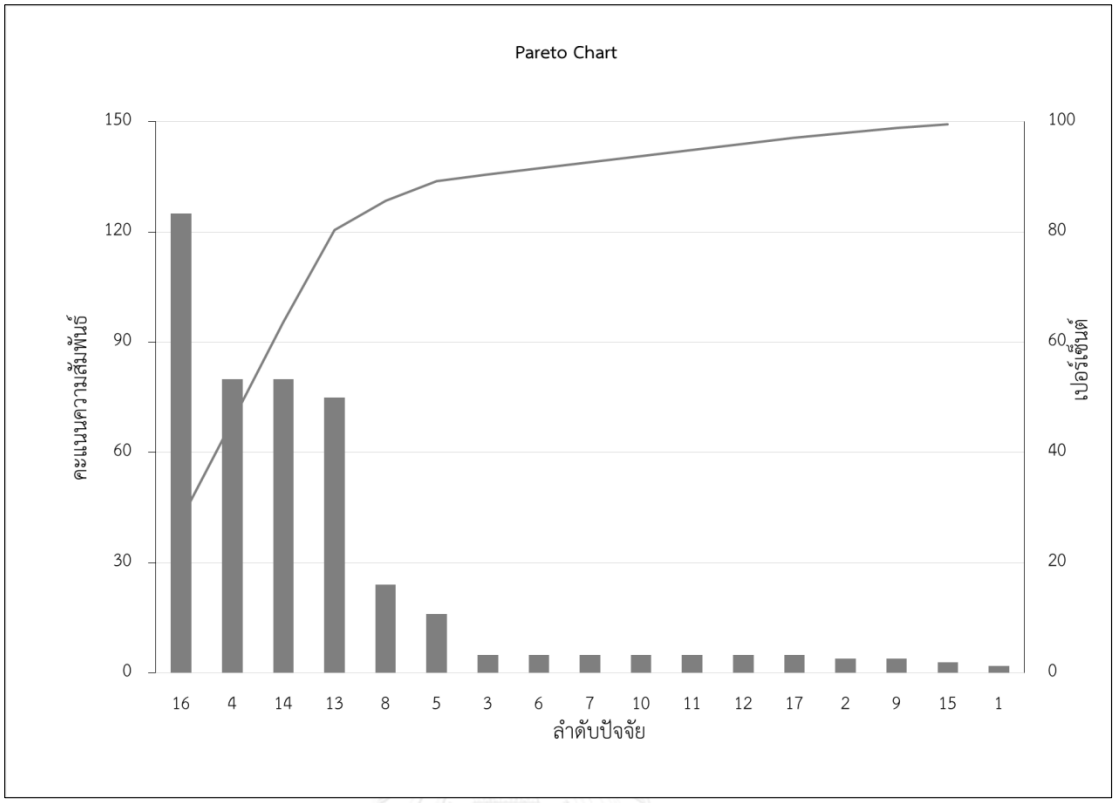
รูปที่ 47 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดฝุ่นเหล็กที่โรงงานผลิตครีมยืดผม



รูปที่ 48 แผนผังก้างปลาแสดงถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดฝุ่นเหล็กที่โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 12 คะแนนความสำคัญของปัญหาเกิดฝุ่นเหล็กปนเปื้อน

สาเหตุหลัก	แหล่งที่เกิด	ปัจจัยนำเข้า	คะแนนความสัมพันธ์
1. Material	โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์	1) เม็ดพลาสติกที่ใช้ผลิต Inner Cap มีฝุ่นเหล็กปนเปื้อน	2
		2) ส่วนผสมของเม็ดพลาสติกที่ใช้ผลิต Inner Cap ไม่มีความเหมาะสม	4
	โรงงานผลิตครีมยืดผม	Bulk สูตรใหม่	5
2. Man	โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์	4) ถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิต Inner Cap มีการปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็ก	80
	โรงงานผลิตครีมยืดผม	5) ถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิตครีมยืดผมมีการปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็ก	16
3. Machine	โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์	6) มีการปนเปื้อนจาก mold สึกกร่อน	5
		7) มีการปนเปื้อนจาก Screw สึกกร่อน	5
		8) มีการปนเปื้อนจากด้านนอกเครื่องสึกกร่อน	24
	โรงงานผลิตครีมยืดผม	9) มีการปนเปื้อนจากสายพานลำเลียง	4
		10) มีการปนเปื้อนจาก Filler head	5
		11) มีการปนเปื้อนจาก Mixer	5
		12) มีการปนเปื้อนจากถังเก็บก่อนจะบรรจุ	5
4. Method	โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์	13) วิธีการบรรจุ Inner Cap ลงในถุงแบบเป็นชั้น ไม่มีการปิดปากถุง	75
		14) ความสะอาดของกล่องแบบวนมาใช้ใหม่	80
	โรงงานผลิตครีมยืดผม	15) วิธีการบรรจุครีมยืดผมผิดวิธีหรือไม่เหมาะสม	3
5. Environment	โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์	16) อากาศในพื้นที่การผลิต Inner Cap มีฝุ่นเหล็กปนเปื้อน	125
	โรงงานผลิตครีมยืดผม	17) อากาศในพื้นที่การผลิตครีมยืดผมมีฝุ่นเหล็กปนเปื้อน	5



รูปที่ 49 กราฟพาเรโตแสดงปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อน

เมื่อพิจารณาจากกราฟพาเรโตตามรูปที่ 50 พบว่าปัจจัยที่มีความสำคัญมากต่อการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็กมีทั้งหมด 4 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 การไหลวนของอากาศในพื้นที่การผลิตที่มีฝุ่นเหล็กปนเปื้อนในอากาศ ปัจจัยที่ 2 ถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิต Inner Cap มีการปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็ก ปัจจัยที่ 3 การใช้กล่องแบบวนมาใช้ใหม่ และปัจจัยที่ 4 คือวิธีการบรรจุInner Cap ลงในถุงแบบเป็นชั้น ไม่มีการปิดปากถุง

<u>การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็ก</u>

1. อากาศในพื้นที่การผลิตที่มีฝุ่นเหล็กปนเปื้อน

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

เนื่องจากโรงงานผลิต Inner Cap เป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่มีเครื่องจักรจำนวนมาก จึงมีฝุ่นละอองลอยอยู่ในอากาศ ฝุ่นเหล็กมีขนาดเล็กไม่สามารถตรวจสอบด้วยตาเปล่า การทดสอบฝุ่นเหล็กที่อยู่ในอากาศของโรงงานจึงเป็นเรื่องยาก อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พยายามออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบว่าในโรงงานผลิต Inner Cap มีฝุ่นเหล็กที่เป็นสาเหตุให้เกิดจุดชมพูจริงหรือไม่

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) ใช้ครีมยืดผมป้ายตามตัวอย่างแล้วนำไปวางไว้บริเวณต่างๆ รอบเครื่องจักรขณะผลิต Inner Cap และรอบๆเครื่องบรรจุครีมยืดผม

2) ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วบันทึกผล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap และโรงงานผลิตครีมยืดผม

H_1: $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap และโรงงานผลิตครีมยืดผม

เมื่อ P_1 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการวางตัวอย่างในโรงงานผลิต Inner Cap

P_2 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการวางตัวอย่างในโรงงานผลิตครีมยืดผม

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าสัดส่วนของเสียเนื่องจากวางตัวอย่างในโรงงานผลิต Inner Cap เท่ากับ 0.38 และสัดส่วนของเสียเนื่องจากการวางตัวอย่างในโรงงานผลิตครีมยืดผมเท่ากับ 0 จึงสามารถนำมาคำนวณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูปที่ 51 และเนื่องจากการทดลองเบื้องต้นใช้จำนวนตัวอย่างถึง 50 ตัวอย่าง จึงนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผลในขั้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing comparison p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline p = 0.001
Alpha = 0.05

Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.38	25	0.95	0.951351

The sample size is for each group.

รูปที่ 50 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของการปนเปื้อนในอากาศโรงงานผลิต Inner Cap

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงในตารางที่ 13 การวางตัวอย่างในโรงงานผลิต Inner Cap พบว่ามีของเสียจุดชมพูที่เกิดจากการปนเปื้อนฝุ่นเหล็ก 38 % สัดส่วนของเสียเนื่องจากการวางตัวอย่างในโรงงานผลิตครีมยืดผม 0.001%

ตารางที่ 13 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้ถุงมือเก่าผลิตบรรจุภัณฑ์

สถานที่วางตัวอย่าง	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	% ของเสีย
โรงงาน Inner Cap	50	19	38
โรงงานครีมยืดผม	50	ไม่พบของเสีย	0

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจุดชมพูที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 52 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน $H_0 : P_1 = P_2$ ว่าไม่มีความแตกต่างกันของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap และโรงงานผลิตครีมยืดผม และยอมรับสมมติฐาน $H_1 : P_1 \neq P_2$ ว่ามีความแตกต่างกันของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap และโรงงานผลิตครีมยืดผม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดสัดส่วนของเสีย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

```
Test and CI for Two Proportions: Sample 2, Sample 1

Event = Y


Sample 1   X   N  Sample p
1         31  50  0.620000
2         50  50  1.000000


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.38
95% CI for difference:  (-0.514540, -0.245460)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -5.54  P-Value = 0.000


* NOTE * The normal approximation may be inaccurate for small samples.

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ 51 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยอากาศในโรงงาน Inner Cap

<u>สรุปผลทดสอบสมมติฐาน</u>

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยจากอากาศในโรงงาน Inner Cap ที่มีฝุ่นเหล็กลอยอยู่ในอากาศ ฝุ่นเหล็กจะลอยไปติดอยู่บนบรรจุภัณฑ์ทำให้เกิดของเสียจุดสีชมพู โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่าง การวางตัวอย่างไว้ในโรงงานผลิต Inner Cap และโรงงานผลิตครีมยืดผม สามารถสรุปได้ว่าอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap มีผลต่อการเกิดของเสียจุดชมพู

รูปที่ 52 ตัวอย่างชิ้นงานที่นำไปวางไว้จุดต่างๆของโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์

2. ถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิต Inner Cap มีการปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็ก

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

ถุงมือผ้าที่พนักงานใช้ทำงานในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์มีการสัมผัสกับบรรจุภัณฑ์จึงสันนิฐานว่าถุงมือผ้าทำให้เกิดฝุ่นเหล็กปนเปื้อนใน Inner Cap ในการทดสอบสมมติฐานได้เตรียมถุงมือใหม่และถุงมือผ้าที่ผ่านการใช้ในการทำงานมาแล้ว 1 สัปดาห์ (ถุงมือเก่า)

<u>ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน</u>

1) เตรียมถุงมือไว้ 2 ชุด คือ ถุงมือใหม่และถุงมือเก่า

2) เดินเครื่องผลิต Inner Cap

3) ให้พนักงานงานที่สวมถุงมือใหม่และที่สวมถุงมือเก่าบรรจุ Inner Cap ลงอย่างละกล่อง

4) นำบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบไปผลิตครีมยืดผมโดยแยกกันอย่างละครึ่ง batch แล้วตรวจสอบจำนวนของเสีย และทำการบันทึกข้อมูล

<u>สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ</u>

H_0: $P_1 = P_2$; ไม่มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงมือใหม่และเก่า

H_1: $P_1 \neq P_2$; มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงมือใหม่และเก่า

เมื่อ P_1 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้ถุงมือใหม่ในการทำงาน

P_2 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้ถุงมือเก่าในการทำงาน

<u>การคำนวณสิ่งตัวอย่าง</u>

จากการทดลองเบื้องต้น พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ถุงมือใหม่เท่ากับ 0.037 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ถุงมือเก่าเท่ากับ 0.059 จึงสามารถนำมาคำนวณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 2,451 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูปที่ 54 และเนื่องจากการทดลองเบื้องต้นใช้จำนวนตัวอย่างถึง 3,000 ตัวอย่าง จึงใช้ผลการทดลองข้างต้นมาวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Power and Sample Size

Test for Two Proportions

Testing comparison p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline p = 0.059
Alpha = 0.05

Comparison p	Sample Size	Target Power	Actual Power
0.037	2451	0.95	0.950017

The sample size is for each group.

รูปที่ 53 การคำนวณจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของการใช้ถุงมือผ้าในการทำงาน

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงดังตารางที่ 14 การใช้ถุงมือใหม่ในการผลิต Inner Cap พบว่ามีของเสียจุดชมพูที่เกิดจากการปนเปื้อนฝุ่นเหล็ก 3.7% แต่เมื่อใช้ถุงมือที่ผ่านการใช้ในการทำงานมาแล้ว 1 สัปดาห์ พบว่ามีของเสียเกิดขึ้น 5.9% ซึ่งสูงกว่าการใช้ถุงมือใหม่เกือบ 2 เท่า

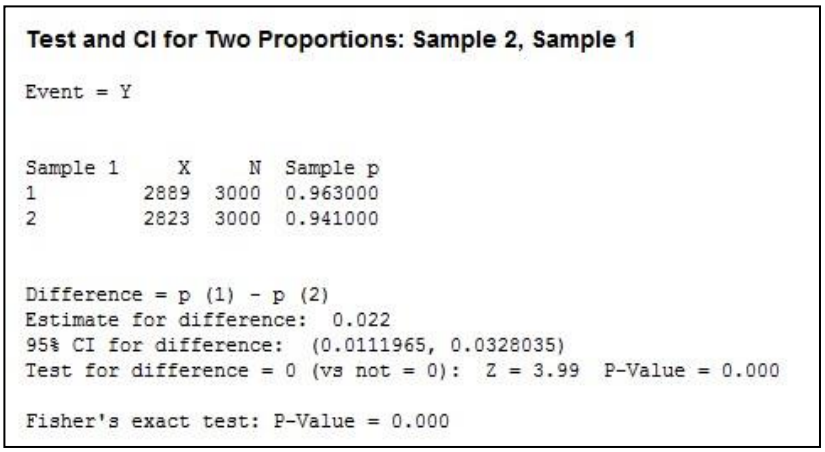
ตารางที่ 14 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้ถุงมือเก่าผลิตบรรจุภัณฑ์

การใช้งานถุงมือผ้า	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	% ของเสีย
ถุงมือใหม่	3,000	111	3.7
ถุงมือเก่า	3,000	177	5.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจุดชมพูที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 51 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H0 : P1 = P2 ว่าไม่มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงมือใหม่และเก่า และยอมรับสมมติฐาน H1 : P1 ≠ P2 ว่ามีความแตกต่างกันของการใช้ถุงมือใหม่และเก่า โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดสัดส่วนของเสีย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



Test and CI for Two Proportions: Sample 2, Sample 1

```
Event = Y


Sample 1     X     N  Sample p
1         2889  3000  0.963000
2         2823  3000  0.941000


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  0.022
95% CI for difference:  (0.0111965, 0.0328035)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = 3.99  P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ 54 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยถุงมือเก่า

<u>สรุปผลทดสอบสมมติฐาน</u>

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยการใช้ถุงมือในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกในถุงมือรวมถึงฝุ่นเหล็กซึ่งไปติดอยู่บนบรรจุภัณฑ์ทำให้เกิดของเสียจุดสีชมพู โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้ ถุงมือผ้าใหม่และถุงมือที่ผ่านการใช้ในการทำงานมาแล้ว 1 สัปดาห์ สามารถสรุปได้ว่าถุงมือผ้าเก่ามีผลต่อการเกิดของเสียจุดชมพู

3. การใช้กล่องแบบเวียนมาใช้ใหม่

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

กล่องที่ใช้ในการบรรจุ Inner Cap มีการใช้งานแบบเวียนกลับไปใช้งานใหม่ จึงสันนิฐานว่ากล่องที่ใช้บรรจุมีการสะสมฝุ่นและมีฝุ่นเหล็ก ทำให้ฝุ่นเหล็กปนเปื้อนไปใน Inner Cap ในการทดสอบสมมติฐานได้เตรียมกล่องใหม่และกล่องที่ผ่านการใช้ในการบรรจุมาแล้ว 3 รอบ (กล่องเวียน)

<u>ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน</u>

1) เตรียมกล่องบรรจุไว้ 2 แบบ คือ กล่องใหม่และกล่องเวียน

2) เดินเครื่องผลิต Inner Cap

3) ให้พนักงานบรรจุ Inner Cap ลงกล่องใหม่และกล่องเวียนอย่างล่ะกล่องสลับกัน

4) นำบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบไปผลิตครีมยืดผม แล้วตรวจสอบจำนวนของเสีย และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: P1 = P2; ไม่มีความแตกต่างกันของการใช้กล่องใหม่และกล่องเวียน

H_1: P1 ≠ P2; มีความแตกต่างกันของการใช้กล่องใหม่และกล่องเวียน

เมื่อ P1 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้กล่องใหม่ในการบรรจุ Inner Cap

P2 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้กล่องเวียนในการบรรจุ Inner Cap

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้กล่องใหม่เท่ากับ 0.021 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้กล่องเวียนเท่ากับ 0.048 จึงสามารถนำมาคำนวณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 1,185 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูปที่ 56 และเนื่องจากการทดลองเบื้องต้นใช้จำนวนตัวอย่าง 1,200 ตัวอย่าง การทดลองจึงสามารถนำไปวิเคราะห์ได้เลย

Power Curve for Two Proportions

Power and Sample Size

```
Test for Two Proportions

Testing comparison p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline p = 0.048
Alpha = 0.05


              Sample  Target
Comparison p    Size   Power  Actual Power
       0.021    1185    0.95      0.950070

The sample size is for each group.
```

รูปที่ 55 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของกล่องที่ใช้ในการบรรจุ Inner Cap

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงในตารางที่ 15 การใช้กล่องใหม่ในการบรรจุ Inner Cap พบว่ามีของเสียจุดชมพูที่เกิดจากการปนเปื้อนฝุ่นเหล็ก 2.1% แต่เมื่อใช้กล่องเวียนพบว่ามีของเสียเกิดขึ้น 4.8% ซึ่งสูงกว่าการใช้กล่องใหม่

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้กล่องเวียนผลิตบรรจุภัณฑ์

การใช้งานกล่องบรรจุ	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	% ของเสีย
กล่องใหม่	1,200	25	0.021
กล่องเวียน	1,200	58	0.048

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจุดชมพูที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 57 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H0 : P1 = P2 ว่าไม่มีความแตกต่างกันของการใช้กล่องใหม่และกล่องเวียน และยอมรับสมมติฐาน H1 : P1 ≠ P2 ว่ามีความแตกต่างกันของการใช้กล่องใหม่และกล่องเวียน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดสัดส่วนของเสีย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Test and CI for Two Proportions: Sample 2, Sample 1

```
Event = Y


Sample 1     X     N  Sample p
1         1142  1200  0.951667
2         1175  1200  0.979167


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.0275
95% CI for difference:  (-0.0420791, -0.0129209)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -3.70  P-Value = 0.000

Fisher's exact test: P-Value = 0.000
```

รูปที่ 56 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยกล่องเวียน

สรุปผลทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยการใช้กล่องเวียนในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ทำให้เกิดการสะสมของสิ่งสกปรกในกล่อง ฝุ่นเหล็กจากกล่องจะไปติดอยู่บนบรรจุภัณฑ์ทำให้เกิดของเสียจุดสีชมพู โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้ กล่องใหม่และกล่องเวียนที่ผ่านการใช้ในการบบรรจุมาแล้ว 3 ครั้ง สามารถสรุปได้ว่ากล่องเวียนมีผลต่อการเกิดของเสียจุดชมพู

4. วิธีการบรรจุ Inner Cap ลงในถุงแบบเป็นชั้น ไม่มีการปิดปากถุง

การทดสอบสมมุติฐาน

ปกติการบรรจุ Inner Cap จะใช้ถุงรองแล้ววางทีละชั้นเพื่อป้องกันการบิดงอของ Inner Cap ถุงที่ใช้ไม่มีการปิดผนึก เป็นเพียงแผนพลาสติกชั้นเดียวเท่านั้น จึงสันนิฐานว่าพลาสติกที่ใช้รองไม่สามารถป้องกันฝุ่นได้ จึงทำให้ฝุ่นเหล็กและฝุ่นอื่นๆมาเกาะที่ Inner Cap ได้ ในการทดสอบสมมติฐานได้เตรียมถุงแบบมีปากปิดได้และแผนพลาสติกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ขั้นตอนในการทดสอบสมมติฐาน

1) เตรียมถุงพลาสติกและแผนพลาสติกเพื่อใช้บรรจุชั้นในกล่องและรองแต่ละชั้น

2) เดินเครื่องผลิต Inner Cap

3) ให้พนักงานบรรจุ Inner Cap โดยการเรียงแบบเดิมคือวางแผ่นพลาสติกคั่น กับการใส่ Inner Cap เข้าไปในถุงก่อนลองกล่อง

4) นำบรรจุภัณฑ์ทั้งสองแบบไปผลิตครีมยืดผม แล้วตรวจสอบจำนวนของเสีย และทำการบันทึกข้อมูล

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบ

H_0: P1 = P2; ไม่มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงพลาสติกและแผ่นพลาสติก

H_1: P1 ≠ P2; มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงพลาสติกและแผ่นพลาสติก

เมื่อ P1 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้ถุงพลาสติกในการบรรจุ Inner Cap

P2 = สัดส่วนของเสียเนื่องจากการใช้แผ่นพลาสติกในการบรรจุ Inner Cap

การคำนวณสิ่งตัวอย่าง

จากการทดลองพบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้แผ่นพลาสติกรองในการบรรจุ Inner Cap ลงกล่อง เท่ากับ 0.039 และสัดส่วนของเสียที่เกิดจากการใช้ถุงพลาสติกเท่ากับ 0.022 จึงสามารถนำมาคำนวณตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองได้ทั้งหมด 2,657 ตัวอย่าง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในรูปที่ 58 และเนื่องจากการทดลองเบื้องต้นใช้จำนวนตัวอย่าง 3,000 ตัวอย่างซึ่งมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่ต้องการ จึงใช้ผลการทดลองข้างต้นมาวิเคราะห์ผลการทดลองในขั้นต่อไป

Power and Sample Size

```
Test for Two Proportions

Testing comparison p = baseline p (versus not =)
Calculating power for baseline p = 0.022
Alpha = 0.05


              Sample  Target
Comparison p    Size   Power  Actual Power
       0.039    2657    0.95      0.950056

The sample size is for each group.
```

รูปที่ 57 จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐานของถุงพลาสติกที่ใช้ในการบรรจุ Inner Cap

ผลการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบสมมติฐานแสดงในตารางที่ 16 การใช้แผ่นพลาสติกรองในการบรรจุ Inner Cap พบว่ามีของเสียจุดชมพูที่เกิดจากการปนเปื้อนฝุ่นเหล็ก 3.6% แต่เมื่อใช้ถุงบรรจุพบว่ามีของเสียเกิดขึ้น 2.2%

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบสมมติฐานของปัจจัยการใช้แผ่นพลาสติกผลิตบรรจุภัณฑ์

การใช้งานพลาสติกรอง	จำนวนชิ้นงานทดสอบ	จำนวนของเสีย	% ของเสีย
แผ่นพลาสติก	3,000	108	3.6
ถุงบรรจุ	3,000	66	2.2

การวิเคราะห์ผลการทดสอบสมมติฐาน

เมื่อพิจารณาข้อมูลสัดส่วนของเสียจุดชมพูที่เกิดขึ้นจากการทดสอบสมมติฐาน ตามรูปที่ 59 พบว่าค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปฏิเสธสมมติฐาน H_0: P1 = P2 ว่าไม่มีความแตกต่างกันของการใช้ถุงพลาสติกและแผ่นพลาสติกและยอมรับสมมติฐาน H_1: P1 ≠ P2 ว่ามีความแตกต่างกันของการใช้ถุงพลาสติกและแผ่นพลาสติก โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการเกิดสัดส่วนของเสีย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Test and CI for Two Proportions: Sample 2, Sample 1

```
Event = Y


Sample 1     X     N  Sample p
1         2892  3000  0.964000
2         2934  3000  0.978000


Difference = p (1) - p (2)
Estimate for difference:  -0.014
95% CI for difference:  (-0.0224846, -0.00551537)
Test for difference = 0 (vs not = 0):  Z = -3.23  P-Value = 0.001

Fisher's exact test: P-Value = 0.002
```

รูปที่ 58 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปัจจัยแผ่นรองพลาสติก

สรุปผลทดสอบสมมติฐาน

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของปัจจัยการใช้แผ่นพลาสติกในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ทำให้ฝุ่นและฝุ่นเหล็กเข้าไปสัมผัสกับ Inner Cap ได้โดยง่าย โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างการใช้ถุงพลาสติกและแผ่นพลาสติกในการบรรจุ Inner Cap สามารถสรุปได้ว่าแผ่นพลาสติกมีผลต่อการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็กซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดของเสียจุดชมพู

3.4.2 สรุปปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อปัญหาจุดชมพู

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาของเสียการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็ก พบว่าทั้ง 4 ปัจจัยมีผลต่อการเกิดของเสียจากฝุ่นเหล็ก ดังนั้น ในบทถัดไปจะเป็นการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการโดยจะทำการปรับปรุงรอบการทำความสะอาดโรงงาน เปลี่ยนวิธีการใช้ถุงมือ รวมถึงการบรรจุโดยกล่องใหม่และถุงพลาสติกเพื่อป้องกันฝุ่นเหล็กอีกด้วย

3.5 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาซึ่งทำให้เกิดของเสียประเภท BulkPL2, JarPL3 และ Inner CapPL3 ทำให้ทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการบรรจุ ซึ่งสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 17

ตารางที่ 17 สรุปผลการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาของเสียทั้ง 3 ประเภท

ประเภทของเสีย	สาเหตุของปัญหา	รากเหง้าของปัญหา	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
BulkPL2	น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน	ระดับ Hopper ต่ำ	ระดับ Hopper
		อุณหภูมิของระบบเมื่อเริ่มต้นบรรจุสูงเกินไป	อุณหภูมิของระบบเมื่อเริ่มต้นบรรจุ
	เนื้อครีมล้น	เนื้อครีมฟูจากต้นทาง	มาตรฐานน้ำหนักตามค่าความหนาแน่นของครีม
	การเสียเนื้อครีมจากการทำความสะอาดขั้นแรก	การล้างระบบด้วยเนื้อครีม ถูกควบคุมด้วยผลตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย	ปริมาณเนื้อครีมที่ใช้ในการล้างระบบไม่สามารถลดได้
JarPL3 และ Inner CapPL3	การเกิดจุดชมพูทำให้ต้องคัดผลิตภัณฑ์ทิ้ง	การปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็กทำให้เกิดจุดชมพู	ฝุ่นเหล็กในอากาศภายในโรงงานผลิต Inner Cap
			ถุงมือผ้าที่มีการใช้ซ้ำ
			กล่องเวียน
			แผ่นพลาสติกรองแต่ละชั้น

บทที่ 4
ผลการปรับปรุงกระบวนการ

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาจากบทที่ 3 แล้ว ทำให้ทราบว่าปัจจัยใดที่เป็นสาเหตุสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเกิดของเสียอย่างแท้จริง และในบทนี้จะทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการจากการปรับปรุงปัจจัยที่ได้คัดเลือกและวิเคราะห์มาแล้ว เพื่อลดของเสียที่อาจจะเกิดขึ้น โดยจะแยกการปรับปรุงออกเป็นสองส่วนคือของเสีย BulkPL2 และ JarPL3 และ Inner CapPL3 ดังต่อไปนี้

4.1 การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียประเภท BulkPL2

ตารางที่ 18 ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียประเภทเนื้อครีม PL2

ชนิดของเสีย	ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
BulkPL2	น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน	ระดับ Hopper
		อุณหภูมิของระบบเมื่อเริ่มต้นบรรจุ
	ครีมล้น	มาตรฐานน้ำหนักตามค่าความหนาแน่นของครีม
	การล้างระบบด้วยเนื้อครีมก่อนบรรจุ	การล้างระบบด้วยเนื้อครีมถูกกำหนดด้วยการทดสอบในครั้งแรกของการผลิต ถูกควบคุมด้วยผลตรวจสอบเชื้อแบคทีเรีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ</u>

1) ปรับเซ็นเซอร์ระดับของเนื้อครีมใน Hopper ให้อยู่ที่ 60%

2) เมื่อเริ่มต้นบรรจุถูกกำหนดให้อุณหภูมิต่ำกว่า 30°C จึงเริ่มผลิตได้

3) ออกเอกสารพิเศษสำหรับตั้งค่ามาตรฐานน้ำหนัก จากเดิมมีค่าเดียวเป็นค่าเฉลี่ยสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ เปลี่ยนเป็นสร้างตารางสำหรับทุกๆค่าความหนาแน่นที่สามารถเกิดขึ้นได้

4) เก็บค่าข้อมูลของเสีย

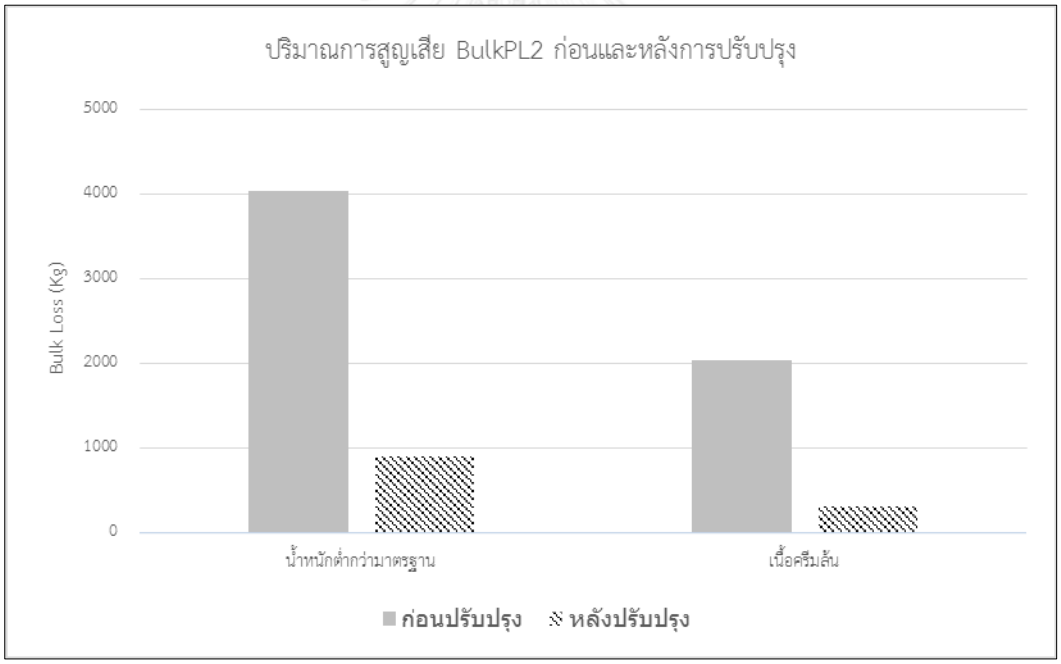
หลังจากปรับปรุงค่าตามตารางแล้วทำการทดลองผลิตเป็นเวลา 1 เดือน บันทึกผลของเสียจากการทดลอง ตรวจสอบค่า C_{pk} ของกระบวนการการบรรจุน้ำหนักผลิตภัณฑ์

ผลการปรับปรุง

จากกทดลองปรับครีมใน Hopper เป็น 60% และกำหนดค่าเริ่มต้นอุณหภูมิในการผลิตให้อุณหภูมิต่ำกว่า 30°C และเปลี่ยนการใช้ค่าน้ำหนักมาตรฐาน พบว่าของเสียประเภท BulkPL2 ที่น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานลดลงจาก 4,034 กิโลกรัมต่อเดือน เหลือ 900 กิโลกรัมต่อเดือน และขอเสียที่ล้นลดลงจาก 2,043 กิโลกรัมต่อเดือน เหลือ 321 กิโลกรัมต่อเดือน ดังแสดงในตารางที่ 19 อีกทั้งค่า C_{pk} ของกระบวนการการบรรจุน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อขวด ยังเพิ่มขึ้นจากเดิมดังตารางที่ 20

ตารางที่ 19 ปริมาณของเสีย BulkPL2 ก่อนและหลังปรับปรุง

กระบวนการ	น้ำหนักต่ำ (กิโลกรัม)	ล้น (กิโลกรัม)
ก่อนการปรับปรุง (เฉลี่ยต่อเดือน)	4,034	2,043
หลังการปรับปรุง	900	321
ของเสียลดลงจากเดิม	77.68%	84.28%



รูปที่ 59 ปริมาณการสูญเสียก่อนและหลังปรับปรุง

ตารางที่ 20 ค่า C_{pk} ของกระบวนการการบรรจุน้ำหนักผลิตภัณฑ์ต่อขวด

ขนาดผลิตภัณฑ์	C_{pk} ก่อนการปรับปรุง	C_{pk} ก่อนการปรับปรุง
150 ml	0.55	1.27
200 ml	0.61	1.50
400 ml	0.34	1.22
500 ml	0.42	1.34
1000 ml	0.38	1.26

4.2 การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3

จากการวิเคราะห์สาเหตุ พบปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 คือการเกิดของเสียจุดชมพูซึ่งมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนฝุ่นเหล็กบนเนื้อครีม ซึ่งหลักจากการวิเคราะห์หาสาเหตุของที่มาของฝุ่นเหล็ก พบปัจจัยควบคุม 4 ปัจจัย คือ

ตารางที่ 21 ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียปนเปื้อนฝุ่นเหล็กบนเนื้อครีม

ชนิดของเสีย	ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสีย	ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
JarPL3 และ Inner CapPL3	ฝุ่นเหล็ก ซึ่งทำให้เกิดจุดชมพู	ความสะอาดของอากาศภายในโรงงานผลิต Inner Cap
		ความสะอาดของถุงมือผ้าที่ใช้ในการผลิต
		ความสะอาดของกล่องบรรจุที่ใช้บรรจุ Inner Cap
		ความสะอาดของแผ่นพลาสติกรองแต่ละชั้นของการบรรจุ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

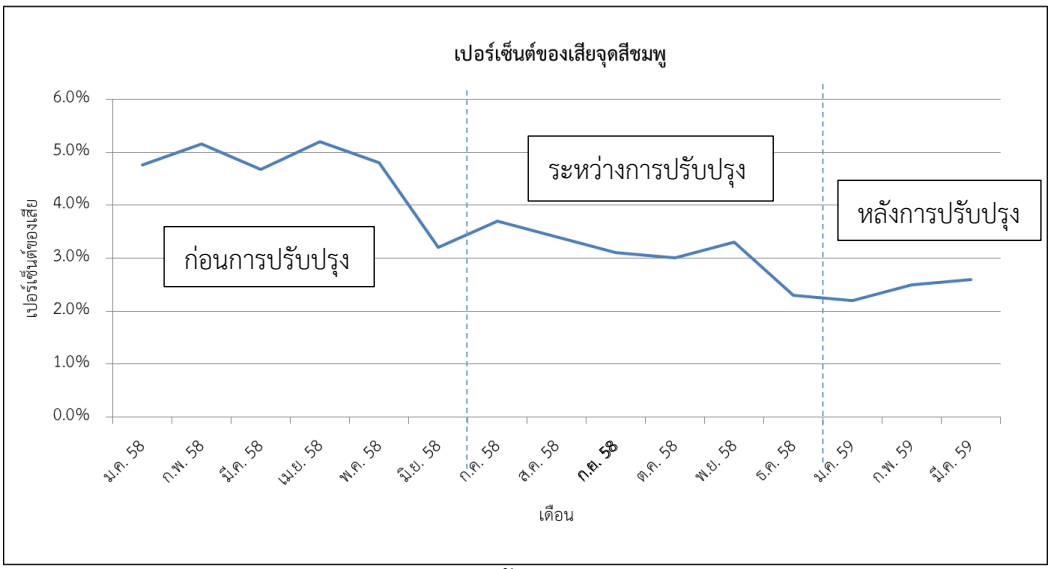
ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ

จากการพิสูจน์แล้วว่าฝุ่นเหล็กปนเปื้อนมาจากโรงงานผลิต Inner Cap ดังนั้นการปรับปรุงจะทำที่กระบวนการการผลิต Inner Cap ดังนี้

ตารางที่ 22 หัวข้อการปรับปรุง

หัวข้อการปรับปรุง	ค่าควบคุมเดิม	ค่าควบคุมใหม่
ความสะอาดของอากาศภายในโรงงานผลิต Inner Cap	รอบการทำความสะอาดใหญ่เดือนละครั้ง	รอบการทำความสะอาดใหญ่สองสัปดาห์ต่อครั้ง เพิ่มคนทำความสะอาดฝุ่นบน Inner Cap ด้วยการเป่าลมก่อนการบรรจุ
ความสะอาดของถุงมือผ้าที่ใช้ในการผลิต	ใช้ถุงมือผ้า ไม่มีการกำหนดรอบเปลี่ยน เมื่อรู้สึกสกปรกจึงเปลี่ยน	เปลี่ยนเป็นถุงมือยาง เปลี่ยนคู่ใหม่ทุกวัน
ความสะอาดของกล่องบรรจุที่ใช้บรรจุ Inner Cap	ใช้กล่องแบบเวียนกลับมาใช้ใหม่	ใช้กล่องใหม่สำหรับบรรจุภัณฑ์ Inner Cap
ความสะอาดของแผ่นพลาสติกรองแต่ละชั้นของการบรรจุ	ใช้แผ่นพลาสติกในการรองขั้นแต่ล่ะชั้น	ใช้ถุงพลาสติกในการบรรจุแต่ละชั้น

การปรับปรุงกระบวนการตามรายละเอียดเบื้องต้น ทางผู้ผลิตไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม เนื่องจากถือว่าเป็นมาตรฐานสินค้าที่ต้องไม่มีสิ่งปนเปื้อน



รูปที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการปรับปรุง

ก่อนแก้ปัญหาพบของเสียเฉลี่ย 5% ต่อเดือน ในระหว่างการปรับปรุงของเสียมีเปอร์เซ็นต์ลดลงเหลือประมาณ 3% หลังจากทำการปรับปรุงแล้ว ของเสียลดลงเหลือเฉลี่ย 2.4% ดังแสดงในรูปที่ 61 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มพนักงาน และปรับปรุงกระบวนการในโรงงานผลิต Inner Cap ทางโรงงานผู้ผลิต Inner Cap เป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมดและไม่เพิ่มราคา Inner Cap เนื่องจากผู้ผลิต Inner Cap ถือว่าเป็นการรับผิดชอบต่อการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็กใน Inner Cap ที่เกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามในการผลิตครีมยืดผมยังคงต้องมีการตรวจสอบ 100% เพื่อคัดของเสีย 2.4% ที่ยังคงพบ ซึ่งในระหว่างการศึกษาผู้ทำวิจัยพบว่าไม่พบจุดสีชมพูหลังการเก็บไว้ 32 วัน จึงทำการทดลองได้ผลดังตารางที่ 23

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 23 ผลการทดลองเก็บของเสียจุดสีชมพูไว้ 32 วัน

Testing Product	81465862	WELLASTRATE SWINGLINE CREAM H 400/400			Batch size=5430 pcs	%Defect is 2.8%	
Sample	Day1	Day2	Day3	Day15	Day30	Day31	Day 32
	Pink dot size (mm)						
	21 Oct 15:00 PM	22 Oct 15:00 PM	23 Oct 15:00 PM	4 Nov 15:00 PM	19 Nov 15:00 PM	7 Nov 15:00 PM	21 Nov 15:00 PM
1	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
2	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
3	1	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
4	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
5	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
6	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
7	5(dark pink)	10	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
8	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
9	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
10	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
11	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
13	2	2x3(oval)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
14	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
15	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
16	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
17	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
18	5, 4 (2dot)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
19	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
20	6(dark pink)	8x10(oval)	9x10(oval)	n/a	n/a	n/a	n/a
21	4(dark pink)	7	9	n/a	n/a	n/a	n/a
22	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
23	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
24	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
25	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
26	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
27	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
28	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
29	5, 5 (2dot)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
30	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
31	5(dark pink)	5(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
32	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
33	5(dark pink)	8	7(light pink)	n/a	n/a	n/a	n/a
34	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
35	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
36	7(dark pink)	8	8(light pink)	n/a	n/a	n/a	n/a
37	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
38	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
39	3	2	2	n/a	n/a	n/a	n/a
40	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
41	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
42	4(dark pink)	8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
43	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
44	4(dark pink)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
45	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
46	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
47	3	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
48	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
49	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
50	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
51	5(dark pink)	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
52	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
53	1, 1 (2dot)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
54	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
55	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
56	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
57	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
58	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
59	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
60	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
61	2, 1 (2dot)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
62	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
63	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
64	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
65	10x6(oval and dark pink)	14x10(oval)	15x10(oval)	16x12(oval)	16x12(light pink)	16x12(light pink)	n/a
66	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
67	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
68	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
69	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
70	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

ตารางที่ 23 ผลการทดลองเก็บของเสียจุดสีชมพูไว้ 32 วัน (ต่อ)

Sample	Day1	Day2	Day3	Day15	Day30	Day31	Day 32
	Pink dot size (mm)						
	21 Oct 15:00 PM	22 Oct 15:00 PM	23 Oct 15:00 PM	4 Nov 15:00 PM	19 Nov 15:00 PM	7 Nov 15:00 PM	21 Nov 15:00 PM
71	4(dark pink)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
72	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
73	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
74	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
75	3(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
76	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
77	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
78	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
79	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
80	3(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
81	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
82	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
83	5(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
84	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
85	5(dark pink)	5	5	5	5(light pink)	5(light pink)	n/a
86	3, 6 (2dot)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
87	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
88	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
89	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
90	5	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
91	5x6 (oval)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
92	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
93	5	4	4(light pink)	n/a	n/a	n/a	n/a
94	2x3(oval)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
95	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
96	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
97	4(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
98	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
99	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
100	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
101	6(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
102	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
103	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
104	5x6(oval)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
105	5(dark pink)	7	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
106	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
107	5	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
108	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
109	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
110	3	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
111	5x6(oval and dark pink)	8	8(light pink)	n/a	n/a	n/a	n/a
112	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
113	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
114	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
115	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
116	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
117	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
118	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
119	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
120	6x5(oval and dark pink)	8x7(oval)	9x8(oval)	10x9(oval)	10x9(light pink)	10x9(light pink)	n/a
121	5(dark pink)	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
122	5(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
123	4(dark pink)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
124	4(dark pink)	10	10(light pink)	n/a	n/a	n/a	n/a
125	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
126	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
127	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
128	3x6(oval)	5x7(oval)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
129	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
130	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
131	3(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
132	5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
133	5x6(oval and dark pink)	8	10	n/a	n/a	n/a	n/a
134	4(Black dot on the middle)	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
135	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
136	5(Black dot on the middle)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
137	2	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
138	6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
139	4	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total Pink dot	139	31	12	3	3	3	0

Day1	Day32

รูปที่ 61 ความเปลี่ยนแปลงของจุดชมพูที่เก็บไว้ 32 วัน

จากผลการทดลองดังกล่าว รวมถึงคำยืนยันจากผู้เชี่ยวชาญด้านสูตรเคมี และผลการทดสอบคุณภาพเนื้อครีมยืนยันว่า คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ไม่มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่เกิดจุดชมพู ดังนั้นทางผู้วิจัยแล้วทีมงานจึงได้ศึกษาเส้นทางการขนส่ง และระยะเวลาการขนส่งหลังจากผลิตเสร็จจนถึงมือลูกค้านำมาออกแบบการขนส่ง เพื่อจัดการกับปัญหา กล่าวคือหากผลิตภัณฑ์ถึงมือลูกค้าหลัง 32 วัน จะไม่พบจุดสีชมพูในผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ครีมยืดผมมี 2 ตลาดหลัก คือ กลุ่มประเทศอาเซียนและจีน

1) กลุ่มประเทศอาเซียนผลิตภัณฑ์จะถูกส่งไปยังศูนย์กระจายสินค้าที่ประเทศสิงคโปร์ ใช้เวลาเร็วสุด 7 วันหลังการผลิตจะถึงมือลูกค้า คิดเป็น 20% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

2) ประเทศจีน ใช้เวลาเร็วสุด 35 วัน ผลิตภัณฑ์ถึงมือลูกค้า คิดเป็น 80% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

ผลิตภัณฑ์ที่ขายในประเทศจีนจะไม่พบจุดชมพู หากลดการตรวจสอบ 100% แต่สินค้าสำหรับกลุ่มอาเซียนจะยังพบจุดชมพู ดังนั้นจึงกำหนดให้เก็บสินค้าสำหรับกลุ่มอาเซียนไว้ 25 วันหลังการผลิต คิดค่าเก็บ 6 บาท/ตัน/วัน 20% ของผลิตภัณฑ์ คือ 7 ตัน คิดเป็นเงิน 1,050 บาท

Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับเส้นผมของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งพิจารณาของเสียจากเปอร์เซ็นต์ MU (MU; Material Usage แสดงถึงวัสดุตั้งต้นที่กลายเป็นของผลิตภัณฑ์ MU 100 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง วัสดุตั้งต้น 100 ชิ้นผลิตเป็นของดีได้ทั้งหมด 100 ชิ้น และไม่มีของเสียเกิดขึ้นเลย) จากการวิเคราะห์กราฟ %MU ในฝ่ายบรรจุเพื่อหาวัสดุนำเข้าที่มี %MU ไม่ถึงค่าเป้าหมายคือที่ 97% MU โดยนำของเสียที่เกิดขึ้นมาสร้างกราฟพาเรโตเพื่อจัดเรียงมูลค่าของเสียดังกล่าวทำให้ได้ของเสีย 3 ประเภท จากการคัดเลือกที่ 80% คือ 1) ของเสียที่เกิดจากสายการบรรจุมาจาก BulkPL2 นั่นคือเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม 2) ของเสียที่เกิดจาก JarPL3 (กระปุก) และ 3) Inner CapPL3 (ฝาชั้นใน) แต่หลังจากวิเคราะห์กระบวนการบรรจุพบว่าของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เดียวกันคือครีมยืดผมแบบกระปุก ดังนั้นจึงสรุปปัญหาเป็น 2 ปัญหาคือ 1) BulkPL2 การสูญเสียเนื้อครีมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมนวดผม และ 2) ของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3

5.1 สรุปการลดของเสียประเภท BulkPL2

หลังจากสรุปปัญหาแล้วจึงได้ทำเก็บข้อมูลของเสียแต่ละประเภทพบว่าในการสูญเสียเนื้อครีมมีของเสียจากหลายสาเหตุ จึงนำสาเหตุของเสียมาจัดเรียงตามปริมาณด้วยกราฟพาเรโต พบว่ามีสาเหตุมาของเสีย 3 สาเหตุที่อยู่ใน 80% ของพาเรโตคือ 1) น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน 2) เนื้อครีมล้น และ 3) การเสียเนื้อครีมไปในการทำความสะอาดขั้นแรก (Purge) จึงได้นำแต่ละสาเหตุมาวิเคราะห์โดยใช้ Cause and Effect Diagram

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ปัญหาที่ 1</u> น้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน จากการใช้ Cause and Effect Diagram ในการวิเคราะห์ พบว่าปัจจัยที่อาจเป็นไปได้ของการเกิดปัญหาหลักมี 3 ปัจจัย คือ 1) ระดับของเนื้อครีมใน Hopper ต่ำ 2) การบรรจุทันทีหลังการล้างระบบโดยที่ระบบยังร้อนอยู่ และ 3) หัว Piston เกลียวคลาย หลังจากได้ปัจจัยแล้วจึงออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าปัจจัยเหล่านั้นส่งผลต่อปัญหาจริงหรือไม่ หลังจากการทดลองพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐานคือ ระดับของเนื้อครีมใน Hopper ต่ำ และการบรรจุทันทีหลังการล้างระบบโดยที่ระบบยังร้อน ส่วนปัจจัยของ Piston เกลียวคายไม่ส่งผลต่อปัญหานี้ จากการวิเคราะห์ผลการทดลองตามหลักการทางสถิติทำให้ทราบ

ระดับปัจจัยที่เหมาะสมคือ ระดับของเนื้อครีมใน Hopper ควรมีระดับอยู่ที่ 60% และการควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นการบรรจุควรอยู่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30°C

ปัญหาที่ 2 ที่ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อครีมในสายการบรรจุที่นำมาวิเคราะห์คือ ปัญหาเนื้อครีมล้น สำหรับปัญหานี้หลังจากทำการเก็บข้อมูลจึงพบว่าปัญหาเนื้อครีมล้นนั้นเกิดขึ้นเพียงบาง batch ในการบรรจุเท่านั้น กล่าวคือพบใน batch ที่มีความหนาแน่นของเนื้อครีมต่ำกว่ามาตรฐาน ซึ่งมาตรฐานความหนาแน่นขึ้นอยู่กับสูตรของครีมนวดผม จากการวิเคราะห์พบว่าพนักงานปรับตั้งค่าน้ำหนักตามเอกสารที่เรียกว่า Fill Weight Standard ซึ่งจะคำนวณปริมาตรบรรจุ (มิลลิลิตร) ที่ฉลากผลิตภัณฑ์ไปเป็นน้ำหนักบรรจุ (กรัม) เพื่อการตรวจสอบได้ง่ายระหว่างการผลิต ซึ่งเอกสารดังกล่าวใช้ความหนาแน่นเฉลี่ยในการคำนวณและมีค่ามาตรฐานเพียงค่าเดียวของแต่ละสูตร ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า ถ้าน้ำหนักถูกคำนวณโดยความหนาแน่นที่แท้จริงของแต่ละ batch การผลิตจะทำให้สามารถลดปริมาณของเสียจากการล้นได้หรือไม่ หลังจากการทดลองพบว่าการปรับค่าน้ำหนักตามค่าความหนาแน่นของแต่ละ batch ทำให้ของเสียจากการล้นลดลงจากเดิม 79.8% ของของเสียจากการล้น จากการทดลองนี้ทำให้ได้ค่ามาตรฐานของน้ำหนักใหม่ตามเอกสารชื่อว่า Fill Weight Metric Standard ซึ่งเอกสารใหม่นี้มีน้ำหนักให้เลือกหลายค่าตามความหนาแน่น ผู้ปฏิบัติงานต้องตั้งค่าน้ำหนักการบรรจุตามค่าที่ระบุในเอกสาร

ปัญหาที่ 3 การเสียเนื้อครีมไปในการทำความสะอาดขั้นแรก (Purge) เนื่องจากปริมาณเนื้อครีมที่ใช้ในการไล่ระบบก่อนการบรรจุถูกควบคุมและทดสอบมาแล้ว ว่าจำเป็นต้องใช้ปริมาณเนื้อครีม 64 กิโลกรัมในแต่ละ batch เพื่อไล่ระบบก่อนการบรรจุจึงจะไม่พบเชื้อแบคทีเรีย เนื้อครีมที่ต้องสูญเสียไปในส่วนนี้คิดเป็น 10% ของของเสีย BulkPL2 และ 0.65% MU

จากผลการทดลองได้กำหนดเป็นค่าควบคุมมาตรฐานการบรรจุใหม่สำหรับ PL2 ดังนี้ คือ 1) ระดับของเนื้อครีมใน Hopper อยู่ที่ระดับ 60% 2) การควบคุมอุณหภูมิเริ่มต้นการบรรจุที่อุณหภูมิต่ำกว่า 30°Cและ 3) ใช้ Fill Weight Metric แทน Fill Weight Standard เดิม หลังจากการปรับปรุงโดยกำหนดค่าควบคุมมาตรฐานการบรรจุใหม่สามารถลดของเสียไปได้ 79.65% ของของเสียก่อนการปรับปรุง และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ MU ได้ 95% MU เพิ่มจากก่อนการปรับปรุง 1.5% MU

5.2 สรุปการของเสียประเภท JarPL3 และ Inner CapPL3

ของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 ถูกนำมาวิเคราะห์พร้อมกันเนื่องจากเป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน จากการวิเคราะห์กระบวนการบรรจุและเก็บข้อมูลของเสียพบว่ามีปริมาณของเสีย JarPL3 และ Inner CapPL3 ในกระบวนการตรวจสอบ 100% สำหรับการปนเปื้อนบนเนื้อครีม โดยการปนเปื้อนบนเนื้อครีมมี 3 ประเภท คือ จุดชมพู จุดดำ และจุดเหลือง แต่เนื่องจากจุดชมพูเป็นการปนเปื้อนที่มีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุดถึง 97% ผู้วิจัยจึงตรวจหาสาเหตุของจุดชมพูและมุ่งเน้นการแก้ปัญหานี้ จากการปรึกษาผู้เชียวชาญด้านสูตรเคมีของโรงงานกรณีศึกษา ระบุได้ว่าจุดชมพูคือปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นระหว่างสารประกอบหลักของครีมยืดผม (Ammonium Thioglycolate) และสารประกอบเหล็ก จากลักษณะการเกิดจุดชมพูบริเวณผิวครีมที่สัมผัสกับบรรจุภัณฑ์ Inner Cap จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า มีการปนเปื้อนของฝุ่นเหล็กใน Inner Cap จึงวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหานี้เพื่อหาแหล่งที่มาของฝุ่นเหล็กใน Inner Cap โดยใช้ Cause and Effect Diagram ทำให้พบปัจจัย 4 ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการปนเปื้อนดังกล่าว คือ 1) ความสะอาดของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap 2) ความสะอาดถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิต Inner Cap 3) ความสะอาดของกล่องที่ใช้บรรจุ Inner Cap และ 4) ความสะอาดของถุงรองบรรจุ Inner Cap จากนั้นได้ทำการทดสอบปัจจัยโดยการทดลองดังนี้

1) ความสะอาดของอากาศในโรงงานผลิต Inner Cap ได้ออกแบบการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าในโรงงานผลิต Inner Cap มีการปนเปื้อนจากฝุ่นเหล็กหรือไม่เมื่อเทียบกับอากาศในโรงงานผลิตครีมยืดผม จากการทดลองวางเนื้อครีมไว้ภายในบริเวณต่างๆ หากพบจุดชมพูเกิดขึ้นบนเนื้อครีมแสดงว่ามีฝุ่นเหล็กบริเวณนั้น และจากการทดลองพบว่ามีฝุ่นเหล็กบริเวณโรงงานผลิต Inner Cap เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณโรงงานผลิตครีมยืดผม

2) ความสะอาดถุงมือของพนักงานที่โรงงานผลิต Inner Cap โดยการทดลองเปรียบเทียบถุงมือที่ผ่านการใช้งานมา 1 สัปดาห์ กับถุงมือใหม่ ทำการทดลองใช้ถุงมือใหม่และถุงมือที่ผ่านการใช้งานมา 1 สัปดาห์พบว่าสัดส่วนของเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95% โดยพบสัดส่วนของเสียจากการใช้ถุงมือเก่ามากกว่าการใช้ถุงมือใหม่ 56.9%

3) ความสะอาดของกล่องที่ใช้บรรจุ Inner Cap ระดับความสะอาดแบ่งออกเป็นสองระดับคือกล่องเวียนและกล่องใหม่ ทำการทดลองใช้กล่องเวียนและกล่องใหม่พบว่าสัดส่วนของเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95% โดยพบสัดส่วนของเสียจากการใช้กล่องเวียนมากกว่าการใช้กล่องใหม่ 56.9 %

4) ความสะอาดของแผ่นรองบรรจุ Inner Cap ข้อสมมติฐานคือแผ่นรองบรรจุไม่สามารถป้องกันฝุ่นเหล็กได้ จึงทำการทดลองเปรียบเทียบระหว่างแผ่นรองบรรจุ (มีชั้นเดียว) กับถุงรองบรรจุ (เป็นถุงปิดได้) พบว่าของเสียที่เกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมัน 95% โดยพบสัดส่วนของเสียจากการใช้แผ่นพลาสติกมากกว่าการใช้ถุงพลาสติก 38.9%

จากนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงของเสียที่เกิดจาก Jar (กระปุก) และ Inner Cap (ฝาชั้นใน) โดยการตั้งค่ามาตรฐานดังนี้คือ 1) เพิ่มรอบการทำความสะอาดใหญ่เป็นสองสัปดาห์ต่อครั้ง 2) เพิ่มคนทำความสะอาดฝุ่นบน Inner Cap ด้วยการเป่าลมก่อนการบรรจุ 3) เปลี่ยนเป็นถุงมือยาง เปลี่ยนคู่ใหม่ทุกวัน 4) ใช้กล่องใหม่สำหรับบรรจุภัณฑ์ Inner Cap และ 5) ใช้ถุงพลาสติกในการบรรจุแต่ละชั้น ก่อนการปรับปรุงพบของเสียเฉลี่ย 5% ต่อเดือน หลังการปรับปรุงลดลงเหลือของเสียเฉลี่ย 2.4% ต่อเดือน เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 97.6% MU ซึ่งเกินค่าเป้าหมายที่ 97% ตามที่โรงงานกรณีศึกษาได้ตั้งไว้

5.3 ข้อเสนอแนะ

แนวคิดการทำให้สภาพแวดล้อมในโรงงานผู้ผลิตไม่มีฝุ่นเหล็กปนเปื้อนทำได้การสร้างห้องปลอดเชื้อครอบบริเวณเครื่องจักรไว้ซึ่งใช้เงินในการลงทุนสูง แต่เนื่องจากบรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตครีมยืดผมมีปริมาณการซื้อน้อย ผู้ทำวิจัยจึงได้หาแนวทางเพื่อช่วยลดฝุ่นเหล็กเท่านั้น งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมการบรรจุทั่วไปที่มีปัญหาเรื่องของเสียจำนวนมาก และต้องการควบคุมคุณภาพสินให้ให้ได้มาตรฐาน สำหรับของเสียน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน เสนอการเปลี่ยนฉลากให้ปริมาณลดลง แล้วขายในตลาดล่าง เพื่อเป็นการไม่ทิ้งสินค้าโดยเปล่าประโยชน์

รายการอ้างอิง

กรวิชญ์ จุฬะวนะพันธุ์ และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์. (2555). การลดความสูญเสียจากกระบวนการตัดและปิดผนึกพลาสติกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาโรงงานผลิตถุงพลาสติกบรรจุภัณฑ์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 944-950.

เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป. (2539). การลดของเสียในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา. (วิศวกรรมมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฑาทิพย์ ทะประสพ. (2551). การลดของเสียในโรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติก. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชนิภา นิวาสานนท์. (2556). การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าแบบใช้ก๊าซคลุมสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญณรงค์ อินทรชู และ ระพี กาญจนะ. (2556). การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อนถาดบรรจุฮาร์ดดิสก์ 2.5” โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง. วารสาวิศวกรรมศาสตร์ราชมงคลธัญบุรี, 37-47.

เทพประสิทธิ์ ไพฑูรย์วิสุทธิญาณ. (2552). การลดของเสียกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์โดยเทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบในกระบวนการผลิต. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชัย อารยสนองกุล. (2550). การเพิ่มประสิทธิผลของเครื่องปั๊มแม่นยำสูงด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง. (สารนิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุศราภรณ์ ไชยศิริ. (2553). การลดของเสียจากปัญหาสล็อตเลื่อนในการผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภัคจิรา พึ่งสุข และ วิชัย รุ่งเรืองอนันต์. (2554). การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติกโดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองกรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องซักผ้า. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, 589 -593.

ศิรภัสสร มีครุฑ. (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์โดยแนวทางซิกซ์ ซิกมา. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุตันตรา แซ่จิว. (2554). การลดของเสียประเภทรอยขีดข่วนในกระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล จันทร์แก้ว. (2549). การลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตล้ออลูมิเนียมอัลลอยด์. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภิดา ท้วมมี และ อรรถกร เก่งพล. (2551). การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง : กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ(3), 80-89.

อรอนงค์ เชาวกุล. (2552). การลดข้อผิดพลาดของการทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อนในโรงงานผลิตสี. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวหทัยชนก พรหมศร เกิดเมื่อวันที่ 11 เมษายน พุทธศักราช 2530 เกิดที่จังหวัดอุบลราชธานี สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย จังหวัดมุกดาหาร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2553 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University