ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของบริษัท ดี.ซี.แอล. พลาสติก จำกัด

Factor Effecting the Waste from Production Process of Plastic Resins of D.C.L. Plastic Factory

นางสาวกรกนก หอมเนียม

นายเชษฐิชัย ผาคำ

นางสาวนราภรณ์ บุญเทพ

นางสาวปรินทร สอนโพธิ์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาสถิติ
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของบริษัท ดี.ซี.แอล. พลาสติก จำกัด

Factor Effecting the Waste from Production Process of Plastic Resins of D.C.L. Plastic Factory

นางสาวกรกนก หอมเนียม

นายเชษฐ์ชัย ผาคำ

นางสาวนราภรณ์ บุญเทพ

นางสาวปรินทร สอนโพธิ์

b.00265998

i.

TB00269

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาสถิติ
สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Factor Effecting the Waste from Production Process of Plastic Resins of D.C.L. Plastic Factory

KORNKANOK HOMNEAM
CHATTICHAI PHAKHAM
NARAPORN BOONTEP
PRARINTHORN SONPHO

A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF APPLIED STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของบริษัท ดี.ซี.แอล. พลาสติก จำกัด Factor Effecting the Waste from Production Process of Plastic Resins of D.C.L. Plastic Factory		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกรกนก	หอมเนียม	55051685
	นายเชษฐิชัย	ผาคำ	56051288
	นางสาวนราภรณ์	บุญเทพ	55051751
	นางสาวปรินทร	สอนโพธิ์	55051767
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์		

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาสถิติประยุกต์) ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษา	
ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ กรรมการ	
ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา กรรมการ	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของบริษัท ดี.ซี.แอล. พลาสติก จำกัด		
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกรกนก	หอมเนียม	55051685
	นายเชษฐ์ชัย	ผาคำ	56051288
	นางสาวนราภรณ์	บุญเทพ	55051751
	นางสาวปรินทร	สอนโพธิ์	55051767
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)		
ภาควิชา	สถิติ		
ปีการศึกษา	2558		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์		

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสาเหตุและปัจจัยของการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อหาแนวทางในการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น และศึกษาวัตถุดิบและเครื่องจักรที่มีส่วนร่วมในการทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ของบริษัท ดี.ซี.แอล. พลาสติก จำกัด ซึ่งปัจจัยที่จะศึกษามี 2 ปัจจัยคือเครื่องจักรและวัตถุดิบ โดยแบ่งเป็น 3 เครื่องจักร กับ 4 วัตถุดิบ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นเวลา 3 เดือน วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ MINITAB version 16 และ SPSS version 22

ผลการวิจัยพบว่า เกิดสัดส่วนของเสียเกินขอบเขตควบคุมในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกทั้งสามเดือน และแผนผังพาเรโต พบว่าของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกคือของเสียประเภท Recycle และของเสียประเภทติดตะแกรง นอกจากนี้ แผนผังก้างปลา ชี้ให้เห็นว่าสาเหตุของเสียเกิดจาก เครื่องจักร วัตถุดิบ และคนงาน จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี 3x4 แฟคทอเรียล พบว่าเครื่องจักรกับวัตถุดิบมีอิทธิพลร่วมกันทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle และของเสียทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้พบว่าวัตถุดิบชนิดที่ 4 ในเครื่องจักร 3 ให้ปริมาณของเสียน้อยที่สุดทั้ง 2 ประเภท จากการนำไปทดลองจริงสามารถลดของเสียได้ถึงร้อยละ 48.76 และ 40.31 ในประเภท Recycle และของเสียทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนของเสียประเภท ติดตะแกรง พบว่าเครื่องจักรที่แตกต่างกันทำให้ของเสียที่ได้ต่างกัน โดยเครื่องจักรที่ 3 ให้ของเสียแตกต่างจากเครื่องจักรที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Factors Effecting the Waste from Production Process of Plastic Resins of D.C.L Plastic Factory
Student Name	Miss Kornkanok Homneam 55051685
	Mister Chattichai Phakham 56051288
	Miss Naraporn Boontep 55051751
	Miss Prarinthorn Sonpho 55051767
Degree	Bachelor of Science
Department	Applied Statistics
Year	2015
Thesis Advisor	Asst. Prof. Waraporn Lursinsap

Abstract

The purpose of this special problem is to learn causes and factors of the waste from production process of plastic resins to solve the problem of the amount of waste to reduce and to know what material type and machines type influence significant factors that affect from process of plastic resins of D.C.L plastic factory. There are 2 factors which are materials and machines, dividing into 4 materials types and 3 machines types. The study took 3 month to collect data and used statistical program MINITAB version 16 and SPSS version 22 to help the process.

The results of data analysis found proportion falling outside UCL for 3 months and Pareto diagrams indicated that the most amount of waste are Recycle type and Non-recyclable type. Moreover, Fish bone diagrams indicated that the cause of waste found were machine material and man, so the study used 3x4 factorial designs. The result from statistical analysis indicated that materials and machines that were significant factors that affect the amount of waste were Recycle type and all of waste type at 0.05 significance level. In addition, material type 4 in machine number 3 rereleased the least waste and in real experiment indicated that the waste was reduced by 48.76 percent in Recycle type and by 40.31 percent in all of waste type. Non-recyclable type indicated that 3 machines are different, machine number 3 was different from machine number 4 at 0.05 significance level.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของ ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

ขอขอบคุณ ดร.ชานินทร์ ศรีสุวรรณภา และ ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ สำหรับคำแนะนำและการช่วยเหลือทุกๆ ด้านในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณ คุณณัชชา ทรงชัยพลภัทร และ คุณศิริวัฒน์ พนมเลิศมงคล เจ้าของโรงงานและผู้ดูแลฝ่ายการผลิต โรงงาน ดี.ซี.แอล. พลาสติก อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี สำหรับข้อมูลและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาสถิติ ที่ช่วยในการสืบค้นหาข้อมูลในการทำปัญหาพิเศษ

นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจในการทำงานวิจัย และช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัวซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นางสาวกรกนก หอมเนียม
นายเชษฐิชัย ผาคำ
นางสาวนราภรณ์ บุญเทพ
นางสาวปรินทร สอนโพธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย	2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ (Control Chart)	5
2.1.1.1 ประเภทของแผนภูมิควบคุม	5
2.1.1.2 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม	6
2.1.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p - chart)	8
2.1.3 แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)	9
2.1.4 แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram or Fish Bone Diagram)	11
2.1.5 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments)	14
2.1.5.1 อิทธิพลในการทดลองแบบแฟคทอเรียล	14
2.1.5.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย	19
2.1.5.3 การตรวจสอบข้อกำหนด	21
2.1.6 การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ชนิดจับคู่	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 การรีไซเคิลพลาสติก	24
2.2.1 ประเภทพลาสติก	25
2.2.2 การรีไซเคิล	25
2.2.3 สัญลักษณ์ของการรีไซเคิลพลาสติก	25
2.2.4 สมบัติทางกายภาพของโพลิสไตรีน	25
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	29
3.1 วิธีการดำเนินงาน	29
3.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	29
3.2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล	29
3.2.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของบริษัทดี.ซี.แอล.พลาสติก จำกัด	29
3.2.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	35
3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	40
3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	40
4.1 ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p-chart) ในการผลิตเม็ดพลาสติก	41
4.2 ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต และ แผนผังก้างปลา	47
4.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียในแต่ละประเภท	62
4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย	64
4.3.1.1 การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท Recycle	64
4.3.1.2 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภท Recycle	65
4.3.1.3 ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท Recycle	65
4.3.1.4 การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติ ของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท ติดตะแกรง	66
4.3.1.5 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภท ติดตะแกรง	67
4.3.1.6 ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท ติดตะแกรง	68
4.3.1.7 ตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียทั้งหมด	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1.8 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด	70
4.3.1.9 ทดสอบความเป็นอิสระกัน ของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด	71
4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติ 3x4 แฟคทอเรียล	72
4.3.2.1 ผลการการวิเคราะห์ 3x4 แฟคทอเรียล ของเครื่องจักรและวัตถุดิบของเสียประเภท Recycle	72
4.3.2.2 ผลการการวิเคราะห์ 3x4 แฟคทอเรียล ของเครื่องจักรและวัตถุดิบของเสียประเภท ติดตะแกรง	75
4.3.2.3 ผลการการวิเคราะห์ 3x4 แฟคทอเรียล ของเครื่องจักรและวัตถุดิบของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด	77
4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเสียหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต	80
4.4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มไม่อิสระ ของเสียประเภท Recycle เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 4	80
4.4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มไม่อิสระ ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 4	81
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	83
5.1.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย	83
5.1.1.1 การควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกประเภทรีไซเคิล	83
5.1.1.2 การควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกประเภทติดตะแกรง	83
5.1.2 แผนผังพาเรโต	84
5.1.3 แผนผังก้างปลา	84
5.1.4 การวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design	84
5.1.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของ เครื่องจักร และ วัตถุดิบ ของเสียประเภท Recycle	84
5.1.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของ เครื่องจักร และ วัตถุดิบ ของเสียประเภท ติดตะแกรง	85
5.1.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของ เครื่องจักร และ วัตถุดิบ ของเสียประเภทของเสียรวมทั้งหมด	85
5.1.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเสียหลังจากปรับปรุงกระบวนการ	86
5.1.5.1 เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบทุกชนิด กับ วัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท Recycle	86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.1.5.2 เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบทุกชนิด กับ วัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	86
บรรณานุกรม	87
ภาคผนวก ก ข้อมูลดิบ	89
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab และ SPSS	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียเดือน.....ปี..... 36
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนการผลิตในขั้นตอนการหลอม 37
ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่.....ผู้ตรวจสอบ..... 38
ตารางที่ 3.4 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่..... ผู้ตรวจสอบ..... 38
ตารางที่ 3.5 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่..... ผู้ตรวจสอบ..... 39
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 50
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 55
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเดือน มกราคม พ.ศ. 2559 60
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักของเสียประเภท Recycle 62
ตารางที่ 4.5 น้ำหนักของเสียประเภท ติดตะแกรง 63
ตารางที่ 4.6 น้ำหนักของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด 63
ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของเสียประเภท Recycle 73
ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 1 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test 74
ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 3 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test 74
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 4 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของเสียประเภทติดตะแกรง 76

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรทุกคู่ทรีทเมนต์ โดยวิธีของ Duncan 'New Multiple Range Test 77

ตารางที่ 4.13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของเสียทั้งหมด 77

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ ที่เครื่องจักรที่ 1 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test 78

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ ที่เครื่องจักรที่ 3 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test 79

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ ที่เครื่องจักรที่ 4 กับวัตถุดิบทุกชนิดโดยวิธีของ Duncan 'New Multiple Range Test 79

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.E.Mean) ปริมาณของเสีย (กิโลกรัม)จำแนกตามวัตถุดิบ 81

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่มของเสียประเภท Recycle 81

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (S.E.Mean) ของปริมาณของเสีย (กิโลกรัม) จำแนกตามวัตถุดิบ 82

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด 82

ตารางที่ 1ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล ของเสียเดือน พฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2558 90

ตารางที่ 2ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล ของเสียเดือน ธันวาคม ปี พ.ศ. 2558 91

ตารางที่ 3ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล เสียเดือน มกราคม ปี พ.ศ. 2559 92

ตารางที่ 4ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล ของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 93

ตารางที่ 5ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูล ของเสียวันที่ 26 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 94

ตารางที่ 7ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 94

ตารางที่ 8ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 95

ตารางที่ 9ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 95

ตารางที่ 10ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 96

ตารางที่ 11ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 26 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 96

ตารางที่ 12ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรงของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 97

ตารางที่ 13ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรงของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 97

ตารางที่ 14ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรงของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 98

ตารางที่ 15ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียวันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน 98

ตารางที่ 16ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภท Recycle 99

ตารางที่ 17ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภท ติดตะแกรง 99

ตารางที่ 18ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภทของเสียรวม 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ 6
รูปที่ 2.2 แผนภาพพาเรโตของความสูญเปล่าแยกตามประเภทของปัญหา 11
รูปที่ 2.3 แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา 13
รูปที่ 2.4 การแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน 21
รูปที่ 2.5 การกระจายแบบสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน 22
รูปที่ 2.6 การกระจายแบบสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน 23
รูปที่ 3.1 การบดโม่ 30
รูปที่ 3.2 อบไล่ความชื้น 30
รูปที่ 3.3 เครื่องหลอม 31
รูปที่ 3.4 การอัดรีด 31
รูปที่ 3.5 การตัด 32
รูปที่ 3.6 การบรรจุภัณฑ์ 32
รูปที่ 3.7 ของเสียขั้นตอนการหลอม 33
รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก 34
รูปที่ 4.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 41
รูปที่ 4.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 42
รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 43
รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 44
รูปที่ 4.5 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 45
รูปที่ 4.6 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 46
รูปที่ 4.7 น้ำหนักของเสียและร้อยละน้ำหนักของเสียจำแนกตามประเภทของเสีย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 47
รูปที่ 4.8 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 48
รูปที่ 4.9 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 49
รูปที่ 4.10 น้ำหนักของเสียและร้อยละน้ำหนักของเสียจำแนกตามประเภทของเสีย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 52
รูปที่ 4.11 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 53
รูปที่ 4.12 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 54
รูปที่ 4.13 น้ำหนักของเสียและร้อยละน้ำหนักของเสียจำแนกตามประเภทของเสีย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.14 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle เดือน มกราคม พ.ศ. 2559	58
รูปที่ 4.15 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559	59
รูปที่ 4.16 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภท Recycle	64
รูปที่ 4.17 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภท Recycle	65
รูปที่ 4.18 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภท Recycle	66
รูปที่ 4.19 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทติดตะแกรง	67
รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภทติดตะแกรง	68
รูปที่ 4.21 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทติดตะแกรง	69
รูปที่ 4.22 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทของเสียทั้งหมด	70
รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด	71
รูปที่ 4.24 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทของเสียทั้งหมด	72
รูปที่ 4.25 ประเภท Recycle : วัตถุดิบกับเครื่องจักรเกิดอิทธิพลร่วม	73
รูปที่ 4.26 ประเภทติดตะแกรง : วัตถุดิบกับเครื่องจักรไม่เกิดอิทธิพลร่วม	76
รูปที่ 4.27 ประเภทของเสียทั้งหมด : วัตถุดิบกับเครื่องจักรเกิดอิทธิพลร่วม	78
รูปที่ 4.28 การแจกแจงปกติของค่าเฉลี่ยผลต่างวัตถุดิบทุกชนิดกับวัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท Recycle	80
รูปที่ 4.29 การแจกแจงปกติของค่าเฉลี่ยผลต่างวัตถุดิบทุกชนิดกับวัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด	82
รูปที่ 1ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-chart)	101
รูปที่ 2ข. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลใส่ในการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-chart)	101
รูปที่ 3ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต	102
รูปที่ 4ข. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลมาในการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต	102
รูปที่ 5ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design	103
รูปที่ 6ข. แสดงขั้นตอนการใส่ข้อมูลในการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design	103
รูปที่ 7ข. การกำหนดโมเดล	104
รูปที่ 8ข. ผลการวิเคราะห์การทดลอง 3 x 4 Factorial Design	104
รูปที่ 9ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ	105
รูปที่ 10ข. แสดงขั้นตอนการใส่ข้อมูลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 11ข. แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ	106
รูปที่ 12ข. การกำหนดข้อมูลโปรแกรม	106
รูปที่ 13ข. การกำหนดค่าใน Variables View	107
รูปที่ 14ข. วิธีการวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อน	107
รูปที่ 15ข. การกำหนดค่าใน One-Way ANOVA	108
รูปที่ 16ข. การเลือกค่าใน Post Hoc	108
รูปที่ 17ข. ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยสถิติดันแคน	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลาสติกเข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิต จะเห็นว่าเครื่องมือเครื่องใช้และวัสดุต่างๆ ล้วนทำด้วยพลาสติก ส่งผลให้อุตสาหกรรมพลาสติกในประเทศไทยขยายตัวอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก วัตถุดิบหลักที่สำคัญในการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมพลาสติกสำเร็จรูปนั้น คือเม็ดพลาสติก ซึ่งมีมากมายหลายชนิด มีลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามความเหมาะสมของการใช้งานและประเภทของสินค้า สำหรับอุตสาหกรรมในประเทศไทยที่มีอัตราการใช้เม็ดพลาสติกสูง คือ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมผลิตสายไฟ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเป็นอย่างมาก และในส่วนของการผลิตเม็ดพลาสติกนั้น ปัจจุบันมีการใช้พลาสติกมารีไซเคิลเพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติกใหม่ เนื่องจากต้นทุนการผลิตเม็ดพลาสติกบริสุทธิ์มีราคาแพง ผู้ประกอบการจึงเปลี่ยนมาเป็นการผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลเป็นส่วนใหญ่ (เสาวนิตย์ จันทน์โรจน์ 2553) และเป็นที่ทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์พลาสติกเป็นผลิตภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ยากในธรรมชาติ จึงทำให้เกิดมลภาวะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม การนำวัสดุจากพลาสติกที่เหลือใช้หรือใช้แล้วนำกลับมาแปรสภาพและใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตใหม่ จึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และเป็นเรื่องยากที่มนุษย์จะหลีกเลี่ยงการใช้พลาสติกหรือหยุดใช้ หากแต่จะต้องรู้จักวิธีการใช้และการปลูกฝังจิตสำนึกอย่างถาวร ซึ่งอาจต้องใช้เวลา เพราะการรณรงค์ที่ถูกต้องคือการรณรงค์ในรูปแบบของการรู้จักการนำพลาสติกที่เหลือหรือใช้แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ เราเรียกว่า การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) โดยพลาสติกบางชนิดสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการใด หรือนำพลาสติกกลับสู่กระบวนการผลิตใหม่อีกครั้งหนึ่ง (Recycle) โดยพลาสติกเหล่านี้อาจต้องใช้ระยะเวลาเป็นร้อยปีในการย่อยสลาย และทำให้เกิดความร้อนสะสมบนผิวโลกมากจึงทำให้เกิดสภาวการณ์โลกร้อน มองอีกด้านหนึ่งของปัญหาคือ เมื่อมีการผลิตพลาสติกแล้วย่อมต้องเกิดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ซึ่งต้องใช้พลังงานความร้อนสูงในกระบวนการผลิตขั้นตอนการหลอมละลาย และอาจจะเกิดของเสียระหว่างกระบวนการผลิตได้ สิ่งเหล่านี้เป็นสาเหตุของการใช้พลังงานอย่างสูญเปล่า (ชูเกียรติ ชินประดิษฐ์สุข 2554) เห็นได้ว่าในปัจจุบันมีการรณรงค์ให้ใช้พลาสติกรีไซเคิลมากขึ้น ดังนั้นโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการผลิตพลาสติก จึงได้นำพลาสติกที่ไม่ใช้แล้วมาหลอมเพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติกขึ้นมาใหม่ ซึ่งในส่วนนี้จะสามารถช่วยลดภาวะพลาสติกล้นเมืองได้ (ธีระพล ชั้นสกุลณี 2558)

ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกจะเกิดของเสีย ซึ่งมีผลทำให้ไม่สามารถนำเม็ดพลาสติกที่เสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ปัญหาดังกล่าวเป็นสาเหตุหลักที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกเป็นส่วนใหญ่ ทางโรงงานผู้ผลิตจึงต้องมีการควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นและหาสาเหตุหรือปัจจัยใดที่ก่อให้เกิดปัญหาจากการนำพลาสติกรีไซเคิลใช้ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่งทำให้ทราบถึงแนวทางการแก้ปัญหาในการผลิตเม็ดพลาสติก เพื่อปรับปรุงโรงงานด้านการผลิตให้แก่อุตสาหกรรมผลิตเม็ดพลาสติกได้ในอนาคต การที่นำพลาสติกที่ไม่ใช้แล้วมารีไซเคิลเป็นเม็ดพลาสติกนั้นควรทำให้เกิดประโยชน์สูงสุด หมายความว่าพลาสติกที่นำมานั้นควรใช้ให้หมด นั่นก็คือพลาสติกที่นำมารีไซเคิลควรได้ของเสียออกมาน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีความสนใจที่จะลดจำนวนของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ลง และศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของ บริษัท ดี.ซี.แอล.พลาสติก จำกัด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสาเหตุและปัจจัยของการเกิดของเสียและหาแนวทางในการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก
2. เครื่องจักรและวัตถุดิบมีส่วนร่วมในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียที่ได้ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ซึ่ง ปัจจัยที่จะศึกษามี 2 ปัจจัยก็คือ เครื่องจักร (เครื่องจักรที่ 1 เครื่องจักรที่ 3 และ เครื่องจักรที่ 4) และ วัตถุดิบ (วัตถุดิบชนิดที่ 1 วัตถุดิบชนิดที่ 2 วัตถุดิบชนิดที่ 3 และ วัตถุดิบชนิดที่ 4) ซึ่งได้ข้อมูลจาก บริษัท ดี.ซี.แอล.พลาสติก จำกัด

1.4 สมมุติฐานงานวิจัย

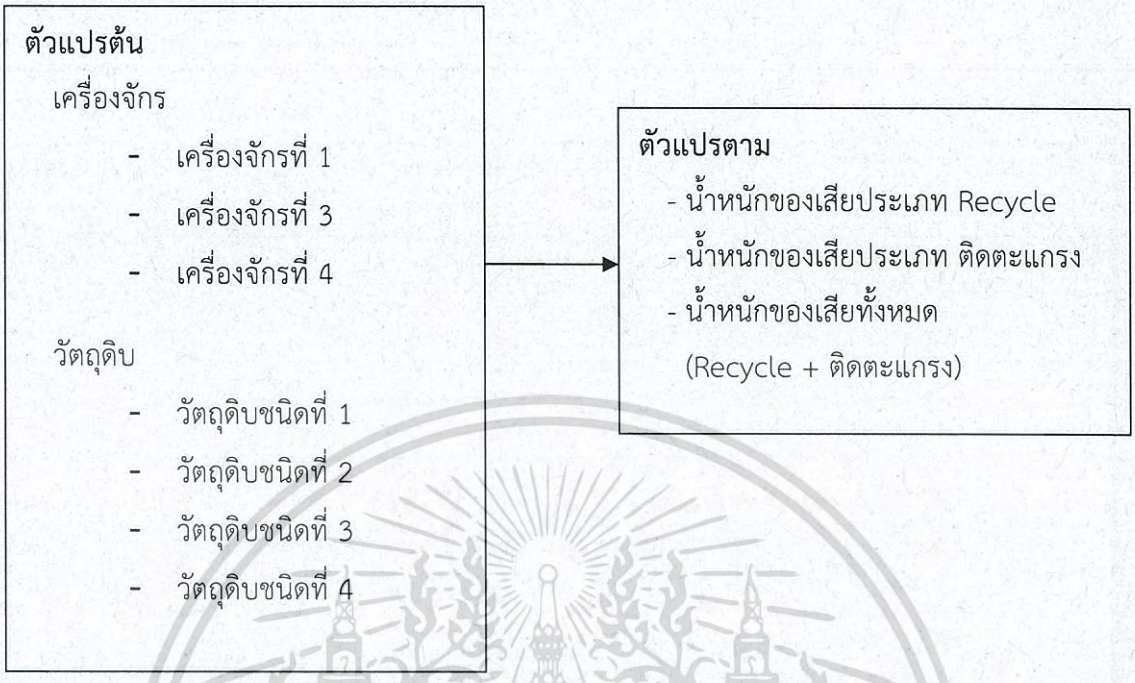
1. มีอิทธิพลร่วมกันของวัตถุดิบและเครื่องจักร ที่มีผลต่อจำนวนของเสียที่ได้ใน กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก
2. วัตถุดิบแต่ละชนิดทำให้ได้ของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกแตกต่างกัน
3. เครื่องจักรแตกต่างกันทำให้ได้ของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกแตกต่างกัน

1.5 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาหาสาเหตุและปัจจัยที่ส่งผลให้มีของเสียใน กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก โดยปัจจัยที่ศึกษามีทั้งหมดสองปัจจัย คือ เครื่องจักร แบ่งเป็น เครื่องจักรที่ 1 เครื่องจักที่ 3 เครื่องจักรที่ 4 และ วัตถุดิบ แบ่งเป็น วัตถุดิบชนิดที่ 1 วัตถุดิบชนิดที่ 2 วัตถุดิบชนิดที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 4 โดยกำหนดให้ตัวแปรต้นคือ เครื่องจักร และ วัตถุดิบ ตัวแปรตาม คือ จำนวนของเสียประเภท Recycle จำนวนของเสียประเภท ติดตะแกรง และ ของเสียทั้งหมดที่ได้ จากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพ กรอบแนวความคิดในการวิจัย



1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.	จั๊บ	หมายถึง	สายไฟรวมเส้นเล็กๆ มีหลากหลายสี
2.	ตัวบด	หมายถึง	สายไฟที่รับซื้อมาจากโรงงานผลิตสายไฟและทำการบดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้ว
3.	สายไฟดำ A	หมายถึง	สายไฟสีดำขนาดใหญ่
4.	สายไฟดำ B	หมายถึง	สายไฟสีดำขนาดเล็ก
5.	สายไฟขาว	หมายถึง	สายไฟที่มีสีขาว
6.	คาร์บอนแบล็ค	หมายถึง	สารที่ใส่เพื่อให้พลาสติกหรือวัตถุดิบไม่ไหม้ระหว่างกระบวนการผลิต
7.	Recycle	หมายถึง	ของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต เม็ดพลาสติกแต่สามารถนำกลับมาหลอมใช้ ใหม่ได้ระหว่างวัน
8.	ติดตะแกรง	หมายถึง	ของเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตและนำไปทิ้ง
9.	สายยาง	หมายถึง	ยางที่ทำเป็นเส้นยาวกลวงใช้เป็นอุปกรณ์ ฉีดรดน้ำต้นไม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วัตถุดิบชนิดที่ 1 คือ เป็นการผสมกันของ จั๊บ สายไฟดำ A สายยาง และ คาร์บอนแบล็ค

11. วัตถุดิบชนิดที่ 2 คือ เป็นการผสมกันของ จั๊บ สายไฟดำ A สายไฟขาว และ คาร์บอนแบล็ค

12. วัตถุดิบชนิดที่ 3 คือ เป็นการผสมกันของ จั๊บ ตัวบด และ คาร์บอนแบล็ค

13. วัตถุดิบชนิดที่ 4 คือ เป็นการผสมกันของ จั๊บ ตัวบด สายไฟดำ A สายไฟดำ B สายยาง และ คาร์บอนแบล็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของบริษัท ดี.ซี.แอล พลาสติก จำกัด โดยผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือการตรวจสอบคุณภาพในการหาสาเหตุของของเสียที่เกิดขึ้นและประยุกต์วิธีการวางแผนการทดลองในการหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสีย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ประกอบไปด้วยหลักการเกี่ยวกับการตรวจสอบคุณภาพ การวางแผนการทดลอง และ ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติกรีไซเคิล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ (Control Chart)

ชูใจ คูหารัตนไชย (2557) กล่าวถึงแผนภูมิควบคุมคุณภาพ คือ กราฟที่ได้มาจากขบวนการผลิต ซึ่งข้อมูลต่างๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากก็น้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์และลักษณะของข้อมูลที่พิจารณา โดยการตรวจวัดค่าข้อมูลของผลิตภัณฑ์จะมี 2 ลักษณะคือ

1. ค่าที่ได้จากการ ชั่ง ตวง วัด ที่ตีค่าออกมาเป็นตัวเลข ซึ่งเรียกว่า ตัวแปรเชิงปริมาณ (Quantitative Variables) เช่น ความยาว ส่วนสูง ความหนา ความกว้าง และปริมาณสารต่างๆ เป็นต้น

2. ค่าที่ได้จากการวัดในเชิงคุณลักษณะจะเป็นการพิจารณาภายนอก เช่น มีรอยตำหนิและไม่มีรอยตำหนิ สวยและไม่สวย หรือจะเป็นการประเมินผลลัพธ์สุดท้ายของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นจากการวัดเชิงปริมาณแล้วสรุปผลว่า เป็นผลิตภัณฑ์ดีหรือไม่ดี ผลิตภัณฑ์เสียหรือไม่เสีย เป็นต้น แล้วนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะที่สนใจ เช่น สนใจผลิตภัณฑ์ก็จะนับค่าที่เป็นหน่วยนับ (Attribute) เรียกว่า ตัวแปรคุณลักษณะหรือตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative Variables)

2.1.1.1 ประเภทของแผนภูมิควบคุม แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1. แผนภูมิควบคุมตามลักษณะหรือแผนภูมิควบคุมข้อมูลแบบคุณภาพ (Attribute Control Charts) ได้แก่

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p - chart)
- แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np - chart)
- แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (c - chart)
- แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อชิ้น (u - chart)

2. แผนภูมิควบคุมข้อมูลแบบตัวแปร (Variable Control Charts) ได้แก่

- แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ - chart)
- แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (r - chart)

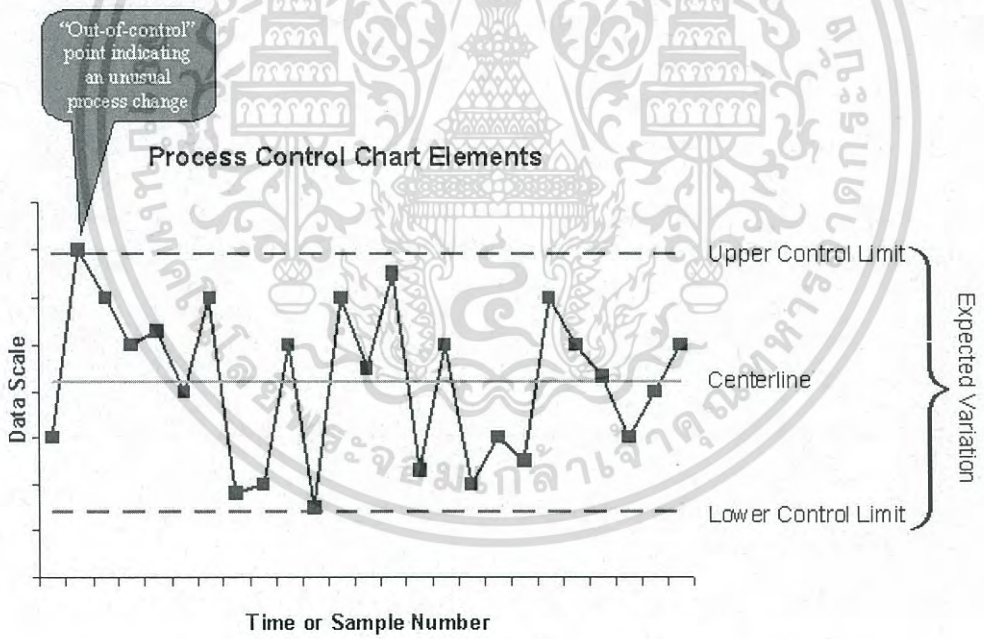
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผนภูมิควบคุมค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s - chart)
- แผนภูมิควบคุมตัวอย่างเดียว (x-chart)
- แผนภูมิควบคุมค่าพิสัยเคลื่อนที่ (Moving Range Chart)

2.1.1.2 องค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม

ข้อมูลที่วัดได้จากกระบวนการผลิตจะมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยมีความน่าจะเป็นที่ค่าสังเกตที่วัดได้จะอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่ากับ 99.73% ซึ่งสามารถนำหลักการดังกล่าวมาสร้างแผนภูมิควบคุม ซึ่งประกอบด้วยเส้นสำคัญ 3 เส้น ดังนี้

1. เส้นกึ่งกลาง (Central Line: CL) เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณได้โดยนำค่าจาก กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย
2. ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นกึ่งกลางเท่ากับ 3σ ทางบวก
3. ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นกึ่งกลางเท่ากับ 3σ ทางลบ



รูปที่ 2.1 แผนภูมิควบคุมคุณภาพ (https://qcclass.wordpress.com)

จากรูปที่ 2.1 ขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง แสดงถึงขอบเขตของความผันแปรที่อยู่ในระดับคุณภาพที่ผู้ผลิตสามารถยอมรับได้ ซึ่งอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ ดังนั้นหากค่าสังเกตที่วัดได้กระจายอยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมสินค้าที่ผลิตได้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน ในทางกลับกันหากความผันแปรเกิดขึ้นมากเกินไป ทำให้ค่าสังเกตที่วัดอยู่นอกเส้นขีดจำกัดทั้ง 2 ก็แสดงว่า กระบวนการที่ผลิตนี้อยู่นอกเหนือการควบคุม หรือสินค้าดังกล่าวไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานการผลิตที่บริษัทกำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของแผนภูมิควบคุม

1. แผนภูมิควบคุมที่กระบวนการอยู่ในสภาพที่เป็นปกติ
2. แผนภูมิควบคุมที่กระบวนการเกิดความผิดปกติ

2.1 มีจุดพิกัดอย่างน้อย 1 จุด ตกนอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง

2.2 มีจุดพิกัดอย่างน้อย 7 จุดต่อเนื่องกัน ตกอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกึ่งกลาง

2.3 ถ้ามี 11 จุดติดต่อกันในแผนภูมิควบคุม มีอย่างน้อย 10 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแกนกลาง

2.4 ถ้ามี 14 จุดติดต่อกันในแผนภูมิควบคุม มีอย่างน้อย 12 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแกนกลาง

2.5 ถ้ามี 17 จุดติดต่อกันในแผนภูมิควบคุม มีอย่างน้อย 14 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแกนกลาง

2.6 ถ้ามี 20 จุดติดต่อกันในแผนภูมิควบคุม มีอย่างน้อย 16 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของแกนกลาง

ประโยชน์ของแผนภูมิควบคุม

1. ควบคุมการผลิตได้ทันต่อเหตุการณ์ สิ่งที่ต้องการควบคุมนั้นจะถูกสุ่มตัวอย่างและเขียนจุดลงบนแผนภูมิควบคุมเป็นระยะๆ แล้วสังเกตความผิดปกติของจุด เมื่อใดที่เกิดความผิดปกติ ผู้ผลิตก็สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ทันท่วงที นอกจากนี้การกระจายของจุดในแผนภูมิควบคุมยังสามารถใช้เพื่อคาดการณ์สภาพของกระบวนการผลิตในอนาคตได้อีกด้วย

2. ตรวจสอบค่ามาตรฐานที่กำหนด คือ การตรวจสอบค่าผลการผลิตเป็นไปตามเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ เมื่อใดที่ตัวอย่างสุ่มตกอยู่นอกเส้นขีดจำกัดควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตได้คลาดเคลื่อนออกจากเกณฑ์ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

3. รู้ถึงสมรรถนะของกระบวนการผลิต (Process Capability) กระบวนการผลิตที่แสดงว่าอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ ซึ่งกระบวนการผลิตนั้นอาจอยู่ในข้อกำหนด (Specification) หรือไม่ก็ได้ สามารถนำมาใช้คำนวณหาสมรรถนะของกระบวนการ เพื่อหาความสามารถในการผลิตภายใต้ข้อกำหนด ผลของสมรรถนะกระบวนการที่ได้จะเป็นประโยชน์อย่างสำคัญต่อผู้บริหารในการตัดสินใจในด้านต่างๆ เช่น การตัดสินใจเพื่อลงทุนปรับปรุงสมรรถนะกระบวนการหรือตัดสินใจรับคำสั่งผลิตจากลูกค้า

4. แผนภูมิควบคุมช่วยเพิ่มผลผลิต แผนภูมิควบคุมมีส่วนสำคัญอย่างมากในการลดจำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตและการทำซ้ำ

5. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันปัญหาด้านคุณภาพ แผนภูมิควบคุมจะช่วยให้ผู้ควบคุมทราบถึงสภาวะที่กระบวนการผลิตเริ่มผิดปกติ ซึ่งเมื่อใดที่เกิดความผิดปกติในกระบวนการผลิตแผนภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมจะแสดงให้ทราบ ทำให้ผู้ควบคุมสามารถแก้ไขสาเหตุของความผิดปกติได้ทันท่วงที ทำให้ไม่ผลิตของเสียหรือของที่ด้อยคุณภาพออกมา ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้อย่างดี

6. แผนภูมิควบคุมช่วยป้องกันการปรับแต่งกระบวนการโดยไม่จำเป็น และ แสดงให้ทราบถึงสภาพความผันแปรในกระบวนการผลิต ว่าเมื่อใดเกิดความผันแปรตามธรรมชาติ หรือเมื่อใดเกิดความผันแปรในกระบวนการผลิต หรือมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของเครื่องจักร ซึ่งการจำแนกความผันแปรนี้ ไม่มีวิธีใดที่สามารถแสดงผลให้ทราบได้ดีเท่าแผนภูมิควบคุม ถ้าผู้ควบคุมเครื่องจักรหยุดเครื่องจักรเพื่อปรับแต่งกระบวนการผลิตเป็นระยะๆ ตามเวลาที่กำหนด อาจทำให้กระบวนการผลิตที่ดีอยู่แล้วเกิดความผิดปกติได้ ซึ่งแผนภูมิควบคุมจะเป็นตัวช่วยในการกำหนดระยะเวลาที่ควรทำการปรับแต่งกระบวนการผลิต โดยไม่ส่งให้เกิดความเสียหายด้านเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิต

7. แผนภูมิควบคุมให้ข้อมูลเพื่อแก้ไขกระบวนการผลิต การวิเคราะห์สภาพการกระจายของจุดที่ได้จากแผนภูมิควบคุมอย่างต่อเนื่อง จะทำให้ทราบข้อมูลเพื่อมาแก้ไข

2.1.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p - chart)

อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์ (2535) กล่าวถึงแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกรณีที่ขนาดตัวอย่างกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน ปัญหาก็คือแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียที่สร้างขึ้นจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความผันแปรของสัดส่วนของเสีย กล่าวคือ ถ้าขนาดตัวอย่างในกลุ่มย่อยมีขนาดใหญ่ ค่าความผันแปรของสัดส่วนของเสียก็จะมีค่ามาก ดังนั้นลักษณะของแผนภูมิควบคุมคุณภาพก็จะมีลักษณะขึ้นๆ ลงๆ แปรผันตามสัดส่วนของขนาดตัวอย่างในกลุ่มย่อย ซึ่งในการสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียนี้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. คำนวณขอบเขตคุณภาพบนพื้นฐานว่า จำนวนที่นำมาตรวจสอบแต่ละกลุ่มย่อยมีขนาดแตกต่างกันมากภายในแต่ละวัน แล้วใช้แผนภูมิที่สร้างขึ้นควบคุมสัดส่วนของเสียในแต่ละวันดังนี้

คำนวณสัดส่วนของเสียในแต่ละวันด้วย

$$p_i = \frac{a_i}{n}$$

เมื่อ p_i แทนสัดส่วนของเสีย

หาค่า $\bar{p}$ จากจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการตรวจสอบ

โดยที่ $\bar{p}$ แทนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียทั้งหมดต่อจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่นำมาตรวจสอบ

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{m} a_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $\bar{p}$ แทนสัดส่วนของเสียเฉลี่ย

a_i แทนจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เสียทั้งหมดในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

n_i แทนจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่นำมาตรวจสอบในแต่ละวัน

i แทนกลุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม โดยที่ i = 1,2,.....,m

คำนวณหาของเขตควบคุมคุณภาพสัดส่วนของเสียในวันที่ i ขอบเขตควบคุมคุณภาพสัดส่วนของเสีย คือ

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$UCL_p = \bar{p}$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

จากสมการข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม จะพบกลุ่มตัวอย่างโดยส่วนใหญ่ตกอยู่ภายใต้ขีดจำกัดควบคุมรอบๆ ค่า $\bar{p}$ ถ้ามีจุดใดจุดหนึ่งตกออกนอกขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิสัดส่วนของเสีย ต้องทำการหาสาเหตุของความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เพื่อป้องกันไม่ให้สาเหตุดังกล่าวเกิดขึ้นอีก แล้วต้องนำแผนภูมิดังกล่าวมาคำนวณหาค่าขีดจำกัดควบคุมใหม่ โดยตัดจุดที่ทราบสาเหตุทิ้ง นอกจากนั้นถ้าคำนวณค่า LCL ได้ค่าติดลบ จะต้องทำการปรับค่าให้เท่ากับ 0 เพราะสัดส่วนของเสียจะมีค่าติดลบไม่ได้ แต่ในกรณีของจุดที่ตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมล่าง จะถือว่ากระบวนการผลิตนั้นให้ผลผลิตดีกว่าที่คาดการณ์ไว้ คือ เกิดของเสียหรือรอยตำหนิต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

2. วิธีการสร้างขีดจำกัดควบคุมคุณภาพสัดส่วนของเสีย บนพื้นฐานของค่าเฉลี่ยกลุ่มย่อยจะทำให้ได้ขีดจำกัดควบคุมคุณภาพเพียงชุดเดียว แล้วใช้สำหรับควบคุมคุณภาพไปได้ทุกวัน ในการพิจารณาถึงการใช้วิธีของค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยจะพิจารณาจากขนาดของกลุ่มย่อย หรือจำนวนที่นำมาตรวจสอบในแต่ละวันที่มีความแปรผันไม่มากนัก กล่าวคือ จำนวนที่นำมาตรวจสอบในแต่ละกลุ่มย่อยจะมีขนาดไม่แตกต่างกันมากนัก การใช้แผนภูมิควบคุมคุณภาพสัดส่วนของเสียโดยใช้ค่าเฉลี่ยของกลุ่มย่อยมาสร้างแผนภูมิควบคุมก็จะมีความเหมาะสมมาก

2.1.3 แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)

ศุภชัย นาทะพันธ์ (2551) กล่าวว่า แผนผังพาเรโตเป็นแผนผังที่ใช้สำหรับแสดงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นกราฟแท่งโดยเรียงลำดับปัญหาเหล่านั้นตามความถี่ที่พบ แบ่งข้อมูลเป็นช่วงๆ จากมากไปน้อย โดยแกน y มีสองแกน คือซ้ายมือแทนความถี่ และ แกนขวามือแทนค่าร้อยละของปัญหาที่พบ แกน x แทนสาเหตุ แผนผังพาเรโตจะนำมาใช้เลือกปัญหาที่จะลงมือทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะปัญหาสำคัญในเรื่องคุณภาพมีอยู่ไม่กี่ประการ แต่ทำให้เกิดข้อบกพร่องด้านคุณภาพจำนวนมาก ส่วนปัญหาปลีกย่อยมีอยู่มากแต่ไม่ส่งผลกระทบด้านคุณภาพมากนัก ดังนั้นจึงควรเลือกแก้ไขปัญหาที่สำคัญซึ่งถ้าแก้ไขได้จะลดข้อบกพร่องด้านคุณภาพลงได้มาก ประเภทของแผนผังพาเรโต สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แผนผังพาเรโตที่ใช้วิเคราะห์ผลเสียที่เกิดขึ้น ได้แก่ ทางด้านคุณภาพ คือ เกิดของเสีย สิ่งของมีตำหนิ สิ่งของส่งคืน สิ่งของส่งซ่อม การร้องเรียนจากลูกค้า เป็นต้น
ทางด้านต้นทุน คือ ค่าใช้จ่ายของต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากจำนวนของเสีย
ทางด้านความปลอดภัย คือ เกิดจากอุบัติเหตุ ความผิดพลาด การหยุดงาน เป็นต้น
ทางด้านการขนส่ง คือ เกี่ยวข้องกับการผลิตสินค้าที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ทำให้เกิดการล่าช้าในการส่ง

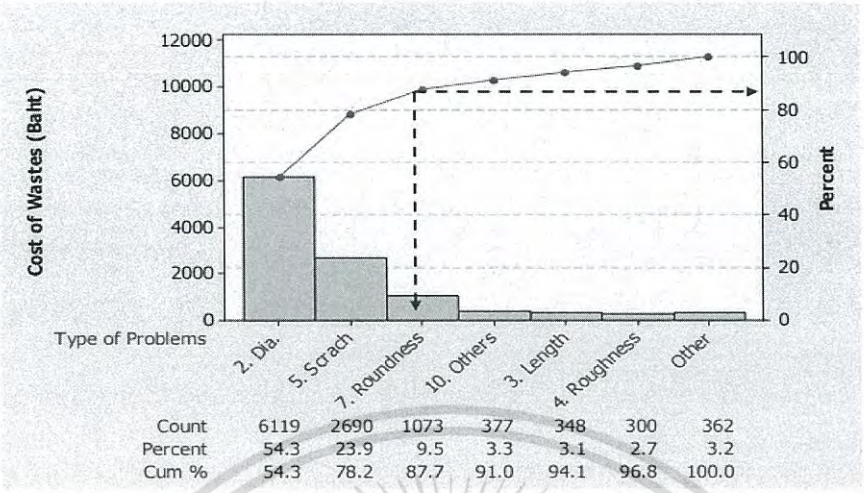
2. แผนผังพาเรโตที่ใช้วิเคราะห์ความบกพร่องของกระบวนการผลิต เพื่อพิจารณาสาเหตุใหญ่ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหาขึ้น เช่น สาเหตุจากคนงานจะเกี่ยวกับอายุ ประสบการณ์ และความชำนาญ สาเหตุจากเครื่องจักรจะเกี่ยวกับสภาพเครื่องจักร เครื่องมือ และการใช้ สาเหตุจากวัตถุดิบจะเกี่ยวกับชนิด ผู้ผลิต โรงงาน และวิธีการเก็บรักษา สาเหตุจากวิธีปฏิบัติการจะเกี่ยวกับสภาวะการทำงาน ความเป็นระเบียบเรียบร้อย

ขั้นตอนในการจัดทำแผนผังพาเรโต มีดังนี้

1. ตัดสินใจว่าจะศึกษาปัญหาอะไร และแยกสาเหตุของการเกิดปัญหา
2. ออกแบบใบบันทึกข้อมูล (กำหนดช่วงระยะเวลา และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล)
3. ทำการจดบันทึก (ในช่วงเวลาที่กำหนด) จากสถานที่ที่ต้องการวิเคราะห์ปัญหาและคำนวณหายอดรวมและร้อยละสะสมของแต่ละสาเหตุที่ได้จากการจำแนกข้อมูล
4. เขียนแกนนอนและแกนตั้ง แกนนอนเขียนจากสาเหตุที่มีความถี่สูงไว้ด้านซ้ายและสาเหตุที่มีความถี่ต่ำไว้ด้านขวาโดยต้องให้แท่ง “อื่นๆ” (ความถี่ไม่เกิน 20% ของร้อยละสะสม) อยู่ด้านขวาสุดส่วนแกนตั้งเขียนแกนความถี่และร้อยละ
5. เขียนกราฟที่มีความกว้างเท่ากัน (กราฟแท่งควรมีประมาณ 6 ถึง 10 เท่านั้น) และลากเส้น ความถี่สะสมจากซ้ายไปขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง การสร้างแผนผังพาเรโต ดังรูป



รูปที่ 2.2 แผนภาพพาเรโตของความสูญเปล่าแยกตามประเภทของปัญหา (บรรหาญ ลีลา 2554)

จากรูปที่ 2.2 บงชี้ชัดเจนปัญหาที่สำคัญมีเพียง 2 ประเภท ปัญหาจึงต้องทำการแก้ไขสองปัญหาแรกก่อนเพราะว่าเปอร์เซ็นต์ที่ทำให้เกิดปัญหาของงานมาจากสองสาเหตุนี้ ในทางบริหารมีการประยุกต์ ลักษณะพฤติกรรมเช่นนี้เป็นกฎ (Rule) 80/20 ซึ่งหมายถึงผลกระทบ 80% เป็นผลมาจากสาเหตุเพียง 20% ของสาเหตุทั้งหมดเท่านั้น

ประโยชน์ของแผนผังพาเรโต

1. สามารถบ่งชี้ให้เห็นว่าหัวข้อใดเป็นปัญหามากที่สุด
2. สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดในส่วนทั้งหมด
3. ใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหา
4. ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยากก็สามารถจัดทำได้ และใช้ในการเปรียบเทียบผลได้
5. ใช้สำหรับการตั้งเป้าหมายทั้งตัวเลข และปัญหา

2.1.4 แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram or Fish Bone Diagram)

แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลาเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา(Problem)กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ (Possible Cause) ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น เราอาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผลในชื่อของแผนผังก้างปลา(Fish Bone Diagram) เนื่องจากแผนผังนี้มีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้างหรืออาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า(Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ 1943 โดยศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังก้างปลา

1. เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา

2. เมื่อต้องการทำการศึกษา ทำความเข้าใจ หรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่นๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำแผนผังก้างปลาแล้ว จะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น

3. เมื่อต้องการให้เป็นแนวทางในการระดมสมองซึ่งจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

แผนผังก้างปลาเป็นแผนผังที่ใช้ต่อจากแผนผังพาเรโตกล่าวคือ หลังจากตัดสินที่จะเลือกแก้ปัญหาใดจากการทำแผนผังพาเรโต ขั้นตอนต่อไปคือ การระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เลือกขึ้นมาจากแผนผังพาเรโต สาเหตุที่เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าของคุณลักษณะต่างๆ เช่น ขนาดน้ำหนัก เป็นต้น แผนผังก้างปลาจะช่วยให้สามารถค้นหาและเรียงลำดับสาเหตุต่างๆ และแสดงความเกี่ยวข้องของสาเหตุต่างๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าหรือคุณภาพของงาน เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา เพื่อนำมาหาทางแก้ไขต่อไป โดยแสดงผลของสาเหตุของปัญหาไว้ที่ปลายของแผนผัง และระหว่างที่จะถึงปลายของแผนผังจะแสดงถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากกระบวนการระดมความคิดเหมือนก้างปลา

วิธีการสร้างแผนผังสาเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำงานเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยขั้นตอนมี 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. กำหนดประโยชน์ที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักๆของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

สามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้ แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดเป็นปัจจัยไว้นั้นสามารถที่จะช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบ และเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก

M-Man คนงาน หรือ พนักงานหรือบุคลากร

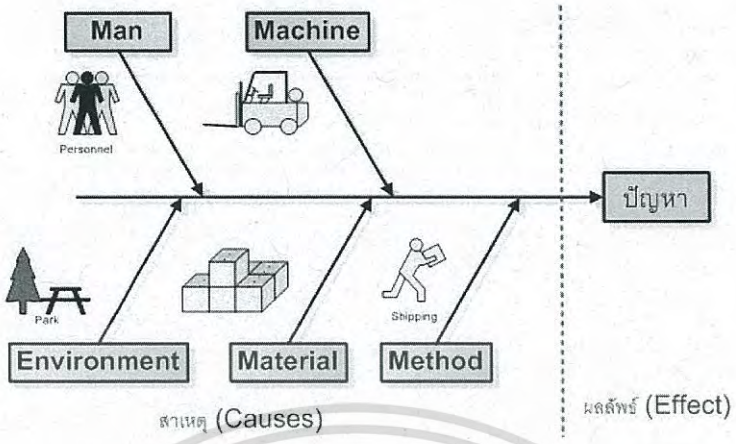
M-Machine เครื่องจักร หรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก

M-Material วัตถุดิบ หรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ

M-Method กระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E-Environment อากาศ สถานที่ แสงสว่าง และบรรยากาศในการทำงาน



รูปที่ 2.3 แผนผังสาเหตุและผลหรือแผนผังก้างปลา (http://topofquality.com/)

แต่ไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M 1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป เช่น ปัจจัยการนำเข้าเป็น 4P ได้แก่ Place Procedure People และ Policy หรือเป็น 4S ได้แก่ Surrounding, Supplier, System และ Skill ก็ได้ นอกจากนั้น หากกลุ่มที่ใช้แผนผังก้างปลามีประสบการณ์ในปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้ว ก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกเลยก็ได้เช่นกัน

ข้อสังเกตเกี่ยวกับการใช้แผนผังก้างปลา

1. ให้ความสำคัญกับแต่ละสาเหตุอย่างมีกฎเกณฑ์โดยอาศัยข้อมูลที่มีอยู่
2. พยายามปรับปรุงแผนผังก้างปลาอย่างต่อเนื่องในขณะที่ใช้ โดยให้สาเหตุต่างๆ นั้นเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ เพื่อปรับปรุงที่ดีขึ้น

ข้อดี

1. ทำให้ทราบถึงสาเหตุหลักๆ สาเหตุย่อยๆ และสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาเพื่อที่จะนำมาแก้ไขได้ถูกวิธี

2. ไม่เสียเวลาแยกความคิดต่างๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก แผนผังก้างปลาจะช่วยรวบรวมความคิดของสมาชิกแต่ละคน

ข้อเสีย

1. ความคิดไม่อิสระ เนื่องจากมีแผนผังก้างปลาเป็นตัวกำหนด ซึ่งความคิดของสมาชิกแต่ละคนจะถูกนำมารวมในแผนผังก้างปลา

2. ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้แผนผังก้างปลาในการระดมความคิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 การทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments)

วราพร เหลือสินทรัพย์ (2555) กล่าวว่าในการทดลองบางครั้งพบว่าอาจมีปัจจัยที่ต้องการศึกษามากกว่าหนึ่งปัจจัย เช่น ในการทดลองผลผลิตของเมล็ดทานตะวัน โดยศึกษาอิทธิพลของสองปัจจัยคือ ขนาดของเมล็ดและสายพันธุ์ โดยผู้ทดลองมีวัตถุประสงค์ของการทดลองดังนี้

1. ขนาดของเมล็ดทานตะวันในการทดลองมี 3 ขนาด คือ ใหญ่ กลาง และเล็ก จะให้ผลการทดลองแตกต่างกันหรือไม่

2. สายพันธุ์เมล็ดทานตะวันในการทดลองมี 2 สายพันธุ์ คือ A และ B จะให้ผลการทดลองแตกต่างกันหรือไม่

เพื่อศึกษาทั้งสองปัจจัยพร้อมกัน โดยใช้การทดลองเพียงการทดลองเดียว จะใช้การทดลองแบบแฟคทอเรียล ซึ่งถ้ามีหลายปัจจัยจะเรียกวิธีการทดลองนี้ว่าการทดลองหลายปัจจัย (Multi - Factor Experiment) ในการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีประโยชน์ทำให้ทราบเกี่ยวกับอิทธิพลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปัจจัยเหล่านั้นได้

2.1.5.1 อิทธิพลในการทดลองแบบแฟคทอเรียล ในการทดลองแบบแฟคทอเรียลจะมีอิทธิพลของทรีทเมนต์ 3 ประเภท คือ

1. อิทธิพลเดี่ยว (Simple Effects) เป็นความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่งเมื่อให้อีกปัจจัยหนึ่งคงที่

2. อิทธิพลหลัก (Main Effects) เป็นอิทธิพลของปัจจัยแต่ละปัจจัย จะหมายถึงความแตกต่างระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่ง ที่เกิดขึ้นในทุกระดับของอีกปัจจัยหนึ่ง ซึ่งคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยของอิทธิพลเดี่ยว

3. อิทธิพลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ (Interactions) เป็นอิทธิพลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ซึ่งเกิดร่วมกันหรือมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน คือ ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์การทดลองที่เกิดจากระดับหนึ่งของปัจจัยที่ 1 จะมีค่าแตกต่างกันเมื่อใช้ระดับที่แตกต่างกันของปัจจัยที่ 2 ซึ่งคำนวณได้จากความแตกต่างของอิทธิพลเดี่ยวของปัจจัยความแตกต่างระหว่างอิทธิพลเดี่ยวของสองปัจจัย สามารถแสดงโดยแผนภาพกราฟ ซึ่งทำให้ทราบอย่างคร่าวๆ ว่าอิทธิพลร่วมเกิดขึ้นหรือไม่

อิทธิพลกำหนดและอิทธิพลสุ่ม

อิทธิพล (Effects) หรือ ปัจจัย (Factors) ต่างๆ ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรในข้อมูล สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1. อิทธิพลหรือปัจจัยกำหนด (Fixed Effects หรือ Fixed Factor) หมายถึง อิทธิพลหรือปัจจัยที่ระดับของปัจจัยนั้น สามารถทำการทดลองซ้ำได้ และค่าที่วัดได้เป็นลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative Effect) เช่น ระดับอุณหภูมิ ระดับความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัจจัยสุ่ม (Random Effect หรือ Random Factor) หมายถึง ปัจจัยที่มีระดับเป็นแบบสุ่ม นั่นคือ ไม่สามารถควบคุมให้เหมือนเดิมได้ทุกครั้ง เช่น คนแต่ละคน สัตว์แต่ละตัว หลอดทดลองแต่ละหลอด เป็นต้น

เหตุผลการใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล

1. ทำให้ทราบเกี่ยวกับการเกิดอิทธิพลร่วมของปัจจัย
2. ทำให้ทราบว่าปัจจัยเป็นอิสระหรือไม่
3. การหาอิทธิพลของปัจจัยทำได้ง่าย

ข้อเสียของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล

ในแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล มีข้อเสียดังนี้

1. ถ้าจำนวนปัจจัยมีจำนวนมาก จะทำให้มีจำนวนทรีทเมนต์คอมบิเนชันมากด้วย ดังนั้นจะต้องมีหน่วยทดลองจำนวนมาก เช่น ในการทดลองมี 7 ปัจจัย และ แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ คือ 3^7 แฟคทอเรียล จะได้จำนวนทรีทเมนต์คอมบิเนชันเท่ากับ 2187 ซึ่งต้องใช้เวลามากในการทดลองนี้

2. ถ้าจำนวนปัจจัยมีจำนวนมากและซับซ้อน และเมื่อเกิดอิทธิพลร่วมจำนวนมากจะทำให้การสรุปผลยุ่งยากมาก

สมมุติฐานในการทดสอบ

ในแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล มีการตั้งสมมุติฐานต่างๆ ดังนี้

1. การทดสอบอิทธิพลของปัจจัย A (Row Treatment Effects)

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_a = 0$

$H_a: \tau_i \neq 0$ สำหรับ τ_i อย่างน้อย 1 ค่า

2. การทดสอบอิทธิพลของปัจจัย B (Column Treatment Effects)

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \ldots = \beta_b = 0$

$H_a: \beta_j = 0$ สำหรับ β_j อย่างน้อย 1 ค่า

3. การทดสอบอิทธิพลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย (Row and Column Treatment Interaction)

$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0$

$H_a: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ $(\tau\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบสมมติฐานสำหรับรูปแบบกำหนด

ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ 2 แฟคเตอร์ สำหรับรูปแบบกำหนด

Source	df	SS	MS	F_{cal}
Treatment	ab - 1	SS_{Tr}	$\frac{SS_{Tr}}{ab-1}$	
A	a - 1	SS_A	$\frac{SS_A}{a-1}$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
B	b - 1	SS_B	$\frac{SS_B}{b-1}$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
AB	(a-1)(b-1)	SS_{AB}	$\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	ab(n-1)	SS_E	$\frac{SS_E}{ab(n-1)}$	
Total	abn-1	SS_T		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

SS_T ความผันแปรทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทดลอง

$$SS_T = \sum_{i=j}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

SS_{Tr} ความผันแปรที่เกิดจากปัจจัยต่างๆ ในการทดลอง

$$SS_{Tr} = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y_{ij.}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

SS_A ความผันแปรที่เกิดจากแฟคเตอร์ A

$$SS_A = \frac{\sum_{i=1}^{a} Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

SS_B ความผันแปรที่เกิดจากแฟคเตอร์ B

$$SS_B = \frac{\sum_{j=1}^{a} Y_{.j.}^2}{an} - \frac{Y_{...}^2}{abn}$$

SS_{AB} ความผันแปรที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของแฟคเตอร์ *A* และ *B*

$$SS_{AB} = SS_{Tr} - SS_A - SS_B$$

SS_E ความผันแปรที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

$$SS_E = SS_T - SS_{Tr}$$

ในการทดสอบสมมติฐานในกรณีที่มีรูปแบบกำหนด จะตั้งสมมุติฐานดังนี้

1. การทดสอบเกี่ยวกับอิทธิพลร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction)

$H_o: (\tau\beta)_{ij} = 0$

$H_a: (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ $(\tau\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

กำหนดระดับนัยสำคัญ α

ค่าวิกฤต $F_{\alpha;(a-1)(b-1),ab(n-1)}$

คำนวณค่าสถิต $F_{cal} = \frac{MS_{AB}}{MS_E}$

ถ้าค่า F_{cal} มีค่ามากกว่า $F_{\alpha;(a-1)(b-1),ab(n-1)}$ จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเกิดอิทธิพลร่วมของปัจจัย และควรทำการทดสอบต่อว่าทรีทเมนต์คอมบิเนชันใดให้ผลดีที่สุด โดย Post Hoc Comparisons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดสอบเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย A

H_0: $\tau_1 = \tau_2 = ... = \tau_a = 0$

H_a: $\tau_i \neq 0$ สำหรับ τ_i อย่างน้อย 1 ค่า

กำหนดระดับนัยสำคัญ α

ค่าวิกฤต $F_{\alpha;(a-1),ab(n-1)}$

คำนวณค่าสถิติ $F_{cal} = \frac{MS_A}{MS_E}$

ถ้าค่า F_{cal} มีค่ามากกว่า $F_{\alpha;(a-1),ab(n-1)}$ จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเกิดอิทธิพลหลักของปัจจัย A และควรทำการทดสอบต่อว่าที่ระดับใดของปัจจัย A ให้ผลดีที่สุด โดย Post Hoc Comparisons

3. การทดสอบเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย B

H_0: $\beta_1 = \beta_2 = ... = \beta_b = 0$

H_a: $\beta_j = 0$ สำหรับ β_j อย่างน้อย 1 ค่า

กำหนดระดับนัยสำคัญ α

ค่าวิกฤต $F_{\alpha;(b-1),ab(n-1)}$

คำนวณค่าสถิติ $F_{cal} = \frac{MS_B}{MS_E}$

ถ้าค่า F_{cal} มีค่ามากกว่า $F_{\alpha;(b-1),ab(n-1)}$ จะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าเกิดอิทธิพลหลักของปัจจัย B และควรทำการทดสอบต่อว่าที่ระดับใดของปัจจัย B ให้ผลดีที่สุดโดย Post Hoc Comparisons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อผลการทดสอบพบว่า มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ แต่ไม่ทราบว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่ไหนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะต้องทำการทดสอบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์แต่ละคู่ ซึ่งมีวิธีการทดลองหลายวิธีควรเลือกให้เหมาะสมกับข้อมูลเพื่อสรุปผลลัพธ์ได้ด้วยความเชื่อมั่น ในการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ สามารถหาจำนวนคู่ของทรีทเมนต์ในกลุ่มตัวอย่างได้เท่ากับ

$\frac{a(a-1)}{2}$ โดยกำหนดให้ a หมายถึงจำนวนของทรีทเมนต์

สมมุติฐานทางสถิติเพื่อการทดสอบ

สมมุติฐานทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ คือ

$H_0 : \mu_i = \mu_j$

$H_a : \mu_i \neq \mu_j$

การเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยมีทั้งหมด 7 วิธี ดังนี้

1. Least Significance Difference (LSD)
2. S.Method หรือ Scheffe's Test
3. T-Method หรือ Tukey's Test
4. Bonferroni's Test
5. Student-Newman-Keuls'หรือ S-N-K Test
6. Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)
7. Dunnett's Test

วราพร เหลือสินทรัพย์ (2555) กล่าวว่า Duncan ได้พัฒนาการเปรียบเทียบวิธีผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทีละคู่และใช้ได้กับข้อมูลที่มีจำนวนตัวอย่างของทรีทเมนต์ที่มีขนาดเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้เป็นวิธีที่ง่ายไม่ยุ่งยากวิธีหนึ่งโดยมีค่าวิกฤต LSR_α (Least Significant Ranges) และสายชล สินสมบูรณ์ทอง (2557) ยังกล่าวไว้อีกว่า การทดสอบแบบพิสัยพหุคูณของดันแคน โดยดันแคนนิยมใช้ในกรณีที่มีทรีทเมนต์จำนวนมากและต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทั้งหมดในคราวเดียวกันหรือไม่จำเป็นต้องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนทรีทเมนต์ทั้งหมดในคราวเดียวกันหรือไม่จำเป็นต้องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนทรีทเมนต์ในการทดสอบแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดสอบแบบพิสัยพหุคูณโดยดันแคน มีดังนี้

1. หาค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทีละคู่ และสร้างตารางค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ในรูปแบบเมตริกซ์

2. คำนวณค่าวิกฤต LSR_α ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีในการคำนวณดังนี้

2.1 ในกรณีที่จำนวนตัวอย่างของทรีทเมนต์มีขนาดเท่ากัน จะคำนวณค่าวิกฤต LSR_α ได้จาก

$$LSR_\alpha = SSR_{\alpha;(p,v)} \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

2.2 ในกรณีที่จำนวนตัวอย่างของทรีทเมนต์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน Kramer ได้ปรับค่า $\sqrt{\frac{MSE}{n}}$ เป็น $\sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$ จะคำนวณค่าวิกฤต LSR_α ได้จาก

$$LSR_\alpha = SSR_{\alpha;(p,v)} \sqrt{\frac{MSE}{2}\left(\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right)}$$

โดยทั้ง 2 กรณีนี้กำหนดให้

n เป็นค่าของขนาดตัวอย่างในแต่ละทรีทเมนต์ ซึ่งแต่ละทรีทเมนต์มีขนาดตัวอย่างเท่ากัน หรือมีจำนวนซ้ำเท่ากัน

n_i เป็นค่าของขนาดตัวอย่างในทรีทเมนต์ที่ i

n_j เป็นค่าของขนาดตัวอย่างในทรีทเมนต์ที่ j

p เป็นค่าจำนวนค่าเฉลี่ยในช่วงการเปรียบเทียบ

v เป็นค่า df. ของความคลาดเคลื่อน

α เป็นค่าระดับนัยสำคัญ

MSE เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน

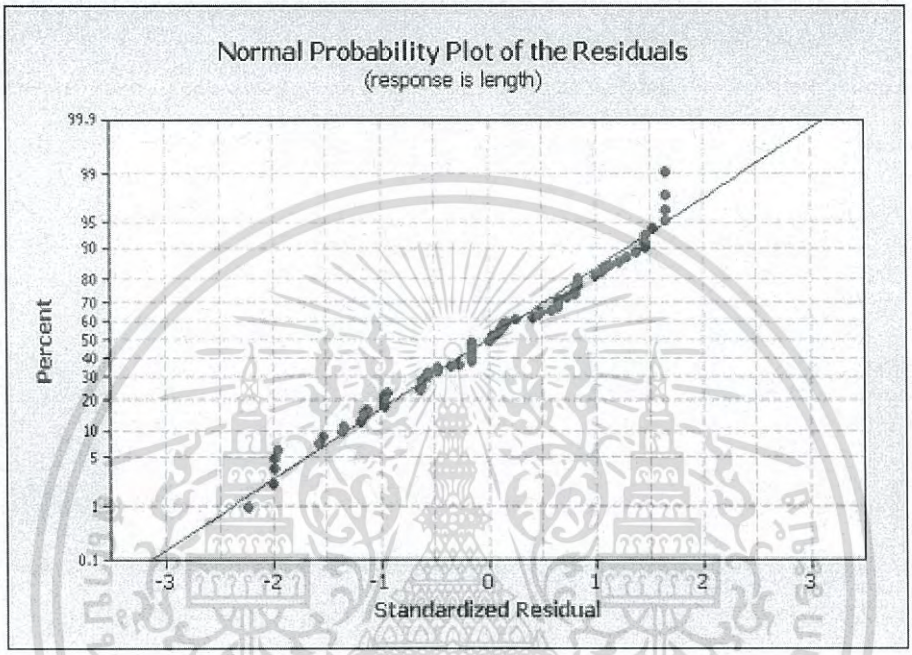
$SSR_{\alpha;(pv)}$ เป็นค่าที่ได้จากตาราง Significant Studentized Ranges ในตารางสถิติดันแคน

3. เปรียบเทียบค่าวิกฤต LSR_α กับค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทีละคู่ ถ้าค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ $\left|\overline{Y}_i - \overline{Y}_j\right|$ มีค่ามากกว่าค่า LSR_α แสดงว่าปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_a สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คู่นี้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Significant Difference)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5.3 การตรวจสอบข้อกำหนด (ปริญญา คูณมี 2554)

1. การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของประชากร ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์สามารถตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของข้อมูล ที่ได้จากการทดลองจะกระทำได้โดยใช้การพล็อตความน่าจะเป็นปกติของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) โดยที่ ถ้าข้อสมมุติมีความถูกต้อง การนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟดังกล่าว ควรมีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงดังรูปที่2.4



รูปที่ 2.4 การแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน

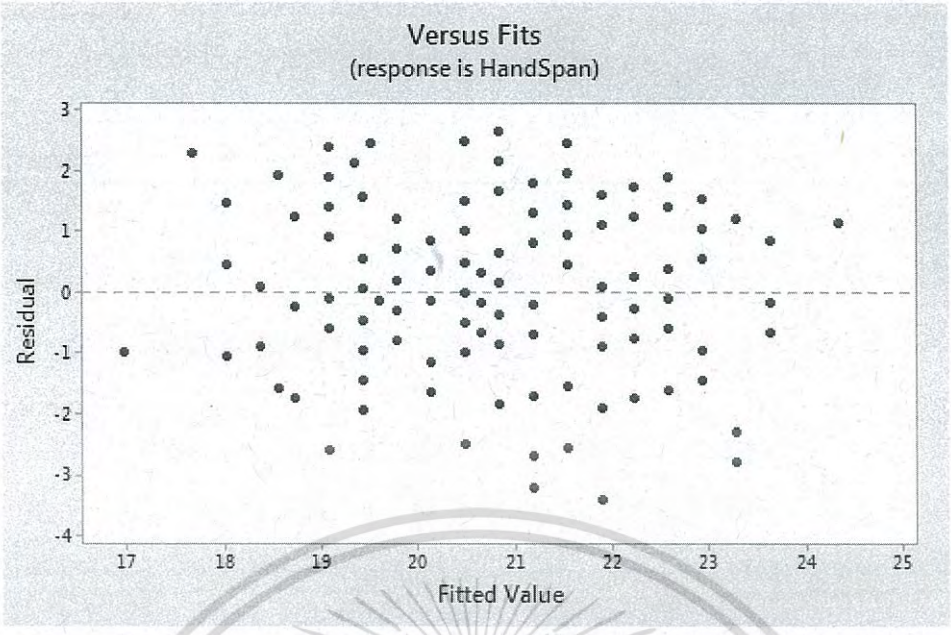
และสามารถพิจารณาตัวสถิติ Anderson-Darling ได้จากค่า p-value ถ้าค่า p-value มีค่ามากกว่า α=0.05 สรุปได้ว่ายอมรับ H_0 แสดงว่า ประชากรมีการแจกแจงปกติตามสมมุติฐานการทดสอบ ดังนี้

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงปกติ

H_a : ประชากรไม่มีการแจกแจงปกติ

2. การตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน (Test for Homogeneity of Variances) ในการตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน จะมีวิธีทดสอบได้ดังต่อไปนี้ พิจารณาการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับค่าตัวแปรตอบสนอง โดยค่าความผิดพลาดดังกล่าว ควรมีแนวโน้มการกระจายแบบสุ่ม หรือไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การกระจายแบบสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน

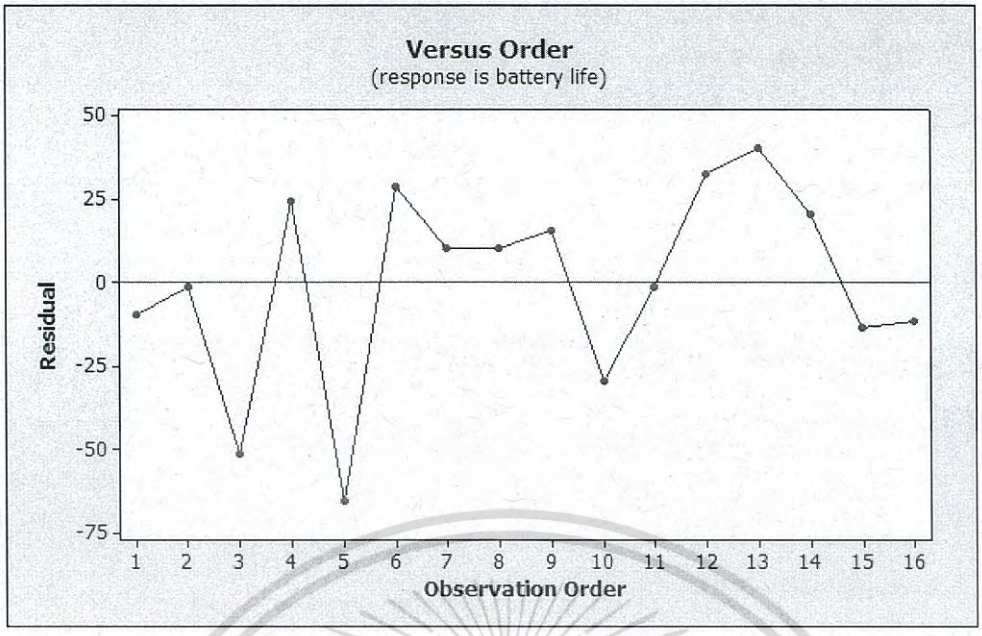
3. การตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลตรวจสอบได้ด้วยการใช้ วิธี Run Test โดยมีสมมุติฐานดังนี้

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

พิจารณาค่า p-value ถ้าค่า p-value มีค่ามากกว่า α=0.05 สรุปได้ว่ายอมรับ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน หรือพิจารณาการพล็อทการกระจายตัวของ ค่าความคลาดเคลื่อนโดยการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิ ค่าความคลาดเคลื่อนจะต้องมีรูปแบบอิสระต่อกัน ดังรูปที่2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การกระจายแบบสุ่มของค่าความคลาดเคลื่อน

2.1.6 การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม ชนิดจับคู่

วราพร เหลือสินทรัพย์ (2552) กล่าวว่า การทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับผลต่างค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่ม ชนิดจับคู่ หรือประชากร 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งเป็นการศึกษาของหน่วยตัวอย่างเดียว ที่ถูกทดสอบ 2 ครั้ง ทำให้ค่าออกมา 2 กลุ่ม จะใช้ตัวทดสอบ t-test (Paired t-test) และมีองศาแห่งความอิสระ df=n-1

ให้ μ_d = ค่าเฉลี่ยประชากรของผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่

d_i = ผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่

$\bar{d}$ = ค่าเฉลี่ยตัวอย่างของผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่ $= \dfrac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n}$

S_d^2 = ค่าความแปรปรวนของผลต่างของข้อมูลแต่ละคู่ $= \dfrac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - \bar{d})^2}{n-1}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการตั้งสมมุติฐาน มีดังนี้

1. ตั้งสมมุติฐานหลักและสมมุติฐานรอง

$$H_0 : \mu_d = d_0$$

(ก) $H_a : \mu_d > d_0$

หรือ (ข) $H_a : \mu_d < d_0$

หรือ (ค) $H_a : \mu_d \neq d_0$

2. ระดับนัยสำคัญ : α

3. ขอบเขตวิกฤต : ปฏิเสธ H_0 ถ้า

(ก) $t_{cal} > t_{\alpha,n-1}$

หรือ (ข) $t_{cal} < -t_{\alpha,n-1}$

หรือ (ค) $t_{cal} > t_{\alpha,n-1}$ หรือ $t_{cal} < -t_{\alpha,n-1}$

4. คำนวณค่าสถิติ : $t_{cal} = \frac{\bar{d} - d_0}{S_d / \sqrt{n}}$

5. สรุปผลการทดสอบ

หมายเหตุ d_0 คือค่าเฉลี่ยผลต่างที่ได้จาก H_0

2.2 การรีไซเคิลพลาสติก

พลาสติก หมายถึง วัสดุที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นจากธาตุพื้นฐาน 2 ชนิด คือ คาร์บอนและไฮโดรเจนซึ่งเมื่อเติมสารบางอย่างลงไปจะทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น แข็งแกร่ง ทนความร้อน ลื่นและยืดหยุ่น เราอาจสังเคราะห์พลาสติกชนิดต่างๆ ได้มากมาย โดยการเติมสารเคมีชนิดต่างๆ เข้าไปโดยใช้สัดส่วนและกรรมวิธีที่แตกต่างกัน

พลาสติกประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่เรียกว่า พอลิเมอร์ (Polymer) ซึ่งเกิดจากโมเลกุลขนาดเล็กที่มาต่อเข้าด้วยกันเป็นสายยาวเหมือนโซ่ สายโมเลกุลเหล่านี้จะเกี่ยวพันกัน ทำให้พลาสติกแข็งแกร่ง แต่กว่าจะดึงสายโมเลกุลพลาสติกให้แยกจากกันได้ก็ต้องใช้แรงมากพอสมควร กระบวนการที่ทำให้โมเลกุลขนาดเล็กมาต่อรวมกันเข้าจนมีขนาดใหญ่ขึ้นนั้น เรียกว่าการเกิดพอลิเมอร์ (Polimerisation) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพลาสติก (Catalyst) กระตุ้นให้โมเลกุลขนาดเล็กมายึดต่อเข้าด้วยกัน (ชนกนันท์ บางเลี้ยง 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ประเภทพลาสติก

พลาสติกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เทอร์โมเซตติ้ง (Thermosetting) เป็นพลาสติกที่เกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อนำไปขึ้นรูป พลาสติกประเภทนี้จะไม่สามารถนำไปหลอมเพื่อนำมาใช้ใหม่ ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ โพลียูเรเธน (PUR) อีพอกซี่ (Epoxy) ฟีโนลิค (Phenolic) เมลามีน (Melamine)

2. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง พลาสติกประเภทนี้สามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ ตัวอย่างของพลาสติกประเภทนี้ ได้แก่ โพลีเอทธิลีน (PE) โพลีโพรพิลีน (PP) โพลีสไตรลีน (PS) โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

2.2.2 การรีไซเคิล

พลาสติกที่ใช้กันมีหลายชนิด พลาสติกที่รีไซเคิลได้หลักๆ เป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) ซึ่งเป็นพลาสติกที่อ่อนตัวเมื่อถูกความร้อน และแข็งตัวเมื่อเย็นลง พลาสติกประเภทนี้สามารถนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่ได้ โดยเราสังเกตได้จากก้นขวดซึ่งมักจะใส่สัญลักษณ์ว่ารีไซเคิลได้ และใส่หมายเลข* ชนิดของพลาสติกนั้นไว้

การนำพลาสติกกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่นั้นประเด็นสำคัญอยู่ที่การแยกประเภทของพลาสติกก่อนที่จะนำไปรีไซเคิล และการกำจัดสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป โดยปกติแล้วพลาสติกผสมเกือบทุกประเภทจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เนื่องจากพอลิเมอร์ที่แม้จะมีโครงสร้างทางเคมีที่เหมือนกัน แต่ไม่สามารถเข้ากันได้เสมอไป (Incompatible) (มาริสา คุณธนวงศ์ 2556)

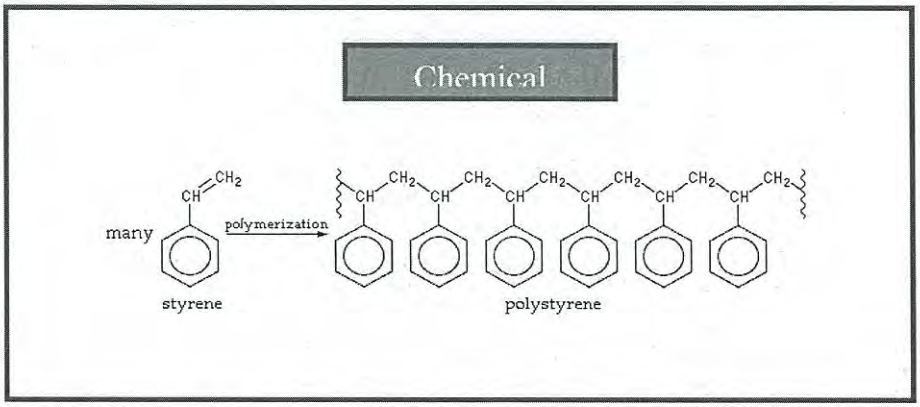
2.2.3 สัญลักษณ์ของการรีไซเคิลพลาสติก

สัญลักษณ์ของการรีไซเคิลพลาสติกเป็นสัญลักษณ์ที่แสดงว่า พลาสติกนั้นสามารถนำกลับไปแปรสภาพเพื่อการใช้งานใหม่ในรูปแบบอื่น (Recycle) ส่วนตัวเลขที่อยู่ในสัญลักษณ์ เป็นรหัสที่ช่วยให้สะดวกในการแยกพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกัน สำหรับในงานวิจัยนี้พูดถึงการนำพลาสติกมารีไซเคิลเพื่อนำไปผลิตสายไฟ ซึ่งเป็นพลาสติกชนิด โพลิสไตรีน

2.2.4 สมบัติทางกายภาพของโพลิสไตรีน

Density	:	1050 kg/m^3
Young's modulus(E)	:	3000–3600 MPa
Tensile strength(σ_t)	:	46–60 MPa
Glass temperature	:	95 °C
Melting point	:	240 °C
Thermal conductivity	:	0.04 W/(m·K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พลาสติกชนิดโพลิสไตรีน สามารถนำมารีไซเคิลเป็นไม้แขวนเสื้อ กล่องวิดีโอ ไม้บรรทัด กระเปาะเทอร์โมมิเตอร์ แผงสวิตซ์ไฟ ฉนวนความร้อน ถาดใส่ไข่ เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ (นภสิทธิ์ วิลัยกรวด 2553)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โสภิดา ท้วมมี (2550) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก จากการศึกษา ข้อมูลในอดีตพบว่า ในกระบวนการผลิตพลาสติกพีวีซีแผ่นมีปริมาณของเสียประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ 54.66% ของปัญหาของเสียทั้งหมด ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 1,561,716 บาทต่อปี ทำให้เกิดการเก็บผลิตภัณฑ์เข้าคลังเพื่อรอการนำกลับมาผลิตใหม่ ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่าน ข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการเกิดเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ และ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ที่อุณหภูมิในการหลอม PVC Compound ที่ Mixing Rolls 180 องศาเซลเซียส และปริมาณเศษพีวีซีแผ่นที่นำกลับมาหลอมใหม่ที่ Mixing Rolls 30 กิโลกรัม/Batch จะทำให้ค่าจำนวนจุดบกพร่องประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่ เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ 1 ตารางเมตร อยู่ในช่วงที่ต้องการ คือ เกิน 10 จุด ต่อตารางเมตร ซึ่งทำให้สามารถลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านข้อกำหนดการตรวจสอบประเภทเม็ดพีวีซีไม่หลอมละลายที่เกิดขึ้นบนผิวผลิตภัณฑ์ลงได้ 73.08 เปอร์เซ็นต์

นพวรรณ พรพิมาน (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การลดของเสียในโรงงานผลิตถุงพลาสติกด้วยการออกแบบการทดลอง ซึ่งในปัจจุบันบริษัท เกรียงไกรพลาสติก จำกัด มีปัญหาเรื่องการผลิตคือเมื่อผลิตถุงพลาสติกออกมาจะเกิดของเสียขึ้นปริมาณมาก ส่งผลให้เกิดการเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตถุงพลาสติก ดังนั้นจึงได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบมาใช้ โดยหลังจากทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองแล้วพบว่าปัจจัยหลักที่มีผล คือ ชนิดของเม็ดพลาสติก และปัจจัยร่วมที่มีผล คือ อุณหภูมิขณะตัดถุงพลาสติก และความเร็วขณะม้วนถุงพลาสติกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียที่ ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยค่าของปัจจัยที่เหมาะสม คือ เม็ดพลาสติกใหม่ผสมในอัตราส่วน 10:90 และอุณหภูมิขณะตัดถุงพลาสติกที่ 200℃ ความเร็วขณะม้วนถุงพลาสติกควรใช้ความเร็วที่สเกล 43 ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณถุงพลาสติกที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 24.22 กิโลกรัม และมีของเสียลดลงจากเดิม 30 เปอร์เซ็นต์เหลือ 19.27 เปอร์เซ็นต์

รดามณี อิทธิพรมและสมฤทัย ดัชนีย์ (2555) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การลดของเสียในการผลิตขวดพลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำดื่ม การศึกษานี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพขวดน้ำดื่มพลาสติก โดยเน้นการลดปริมาณของเสีย ในการดำเนินงานนี้เริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ประเภทและปริมาณของเสียโดยใช้เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดปัญหา จากการศึกษาพบว่าอาการหนึ่งที่สำคัญของปัญหาของเสียคือ ขวดเป็นริ้วรอยที่มีผลมาจากฟองอากาศที่อยู่ในขวดพรีฟอร์มหลังกระบวนการฉีดขึ้นรูป ปัญหานี้แก้ได้จากการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล โดยศึกษาผลกระทบจากอุณหภูมิในการอบเม็ดพลาสติกจากเครื่องอบสามเครื่อง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบจากเครื่องอบสามเครื่องมีผลกระทบต่อปริมาณของเสียและสภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิของเครื่องอบทั้งสามเครื่องอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ที่สภาวะที่เหมาะสมของอุณหภูมิของเครื่องอบสามารถลดของเสียจาก 0.248% เป็น 0.18%

เสาวนิตย์ จันทนโรจน์ (2553) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การประยุกต์แบบจำลองโซ่อุปทานเพื่อการประเมินสมรรถนะของโซ่อุปทานในอุตสาหกรรม เม็ดพลาสติกรีไซเคิล:กรณีศึกษาโรงงาน ผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิล ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถนะของโซ่อุปทานสำหรับอุตสาหกรรมเม็ดพลาสติก รีไซเคิล และวิเคราะห์การจัดหาวัตถุดิบจากกระบวนการในการจำลองโซ่อุปทานในอุตสาหกรรม เม็ดพลาสติกรีไซเคิล โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของโรงงานที่ผลิตเม็ดพลาสติกรีไซเคิลจำนวน 2 โรง ซึ่งประกอบด้วยโรงงานตัวอย่างและบริษัทที่อยู่ในเครือเดียวกับโรงงานตัวอย่าง กลุ่มผู้จัดส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานตัวอย่างจำนวน 20 รายและกลุ่มลูกค้าที่ซื้อสินค้าจำนวน 10 ราย มาวิเคราะห์และสร้างแบบสอบถามตามแบบจำลองการจัดการโซ่อุปทาน เพื่อประเมินสมรรถนะของโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล พบว่า ในระดับอุตสาหกรรมเม็ดพลาสติกรีไซเคิล กลุ่มผู้ผลิตมีสมรรถนะที่ต่ำกว่าผู้จัดหาวัตถุดิบและกลุ่มลูกค้า เนื่องจากบริษัทในกลุ่มผู้ผลิตรับวัตถุดิบมาจากผู้จัดส่งวัตถุดิบหลายที่ โดยไม่มีข้อตกลงในเรื่องคุณภาพของวัตถุดิบระหว่างกลุ่มผู้ผลิตและกลุ่มผู้จัดส่งวัตถุดิบ นอกจากนี้การจัดการภายในองค์กรของกลุ่มผู้ผลิตยังขาดกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบก่อนรับ ส่งผลให้เกิดของเสียเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต คิดเป็น 14.07% ของปริมาณการผลิตรวม ซึ่งหลังจากการปรับปรุงโดยการเพิ่มกระบวนการตรวจสอบ วัตถุดิบก่อนรับเข้าไปในกระบวนการผลิต พบว่าปริมาณของเสียลดลงเหลือ 6.62% ของปริมาณการผลิตรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัชราพร มาตอำพรและคณะ (2552) การศึกษาปัญหาพิเศษในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นของบริษัท ไซเบอร์แพค จำกัด ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์มี 3 ส่วน คือปริมาตรของน้ำยาที่บรรจุลงกระป๋องสเปรย์ปรับอากาศโดยใช้หัวจ่ายน้ำยาจำนวน 2 หัว (หัวที่ 1 และ 2) ปริมาตรของแก๊สที่บรรจุลงกระป๋องสเปรย์ปรับอากาศโดยใช้หัวอัดแก๊สจำนวน 2 หัว (หัวที่ 1 และ 2) และจำนวนของเสียและสาเหตุของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายซึ่งมี 3 สายการผลิต (สายการผลิตที่ 7.3 7.4 และ 7.5) ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการผลิตของหัวจ่ายน้ำยาทั้งหัวที่ 1 และหัวที่ 2 จะให้ค่าดัชนีวัดสมรรถนะของกระบวนการผลิตมากกว่า 1.33 และร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกเกณฑ์ที่กำหนดเท่ากับ 0 ดังนั้น กระบวนการผลิตของหัวจ่ายน้ำยาที่ 1 และหัวที่ 2 มีประสิทธิภาพพอๆ กันสำหรับกระบวนการผลิตของหัวอัดแก๊สหัวที่ 1 จะให้ค่าดัชนีวัดสมรรถนะของของกระบวนการผลิต ส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 1.33 และร้อยละของข้อมูลที่ตกนอกเกณฑ์ที่กำหนดจะมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้น กระบวนการผลิตของหัวอัดแก๊สหัวที่ 2 มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าหัวอัดแก๊สหัวที่ 1 ในกรณีจำนวนของเสียของผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นกายในทั้ง 3 สายการผลิต เมื่อพิจารณาค่าสัดส่วนของเสียเฉลี่ยพบว่า ในกระบวนการผลิตของสายการผลิตที่ 7.5 มีประสิทธิภาพมากที่สุด และจำนวนรอยตำหนิที่พบมากที่สุดคือการรั่วของกระป๋อง

มนธิชา ขุนณิชย์และคณะ(2552) วัตถุประสงค์ของการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ เพื่อศึกษาการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุดชั้นในของบริษัท เอสบอดี้แวนร์จำกัด โดยทำการเก็บข้อมูลสัดส่วนของเสียและจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยของชิ้นส่วนผ้าและฟองน้ำทั้งตัวกลม และตัวยาว ขนาด 32,34 และ 36 ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2552 เพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยแผนผังพาเรโตและแผนผังเหตุและผลโดยนำโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Minitab version 17 มาช่วยในการประเมินผล ผลการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย และแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย พบว่ากระบวนการผลิตของชิ้นส่วนผ้าตัวกลมขนาด 32,34 ฟองน้ำตัวกลม และตัวยาวทั้ง 3 ขนาด ส่วนใหญ่มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน และพบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งถือว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ส่วนชิ้นส่วนผ้าขนาดอื่นๆ มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน และพบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้เพียงบางเดือนเท่านั้น ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย พบว่ากระบวนการผลิตของชิ้นส่วนผ้ากลมทั้ง 3 ขนาด ฟองน้ำตัวกลมขนาด 34 และฟองน้ำตัวยาวขนาด 36 มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน และพบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้มากที่สุด ซึ่งถือว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ส่วนชิ้นส่วนผ้าและฟองนี้ขนาดอื่นๆ มีจุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน และพบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้เพียงบางเดือนเท่านั้น จากแผนผังพาเรโต พบว่าจำนวนรอยตำหนิที่พบมากที่สุดในกระบวนการผลิตเกิดจากเหตุตกมาร์ก จึงได้นำเสนอแผนผังเหตุและผล เพื่อเป็นแนวให้กับบริษัท ในการแก้ไขปัญหาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานการทำปัญหาพิเศษมีการดำเนินงานดังนี้

1. ทำการติดต่อโรงงานกรณีศึกษาเพื่อขอข้อมูล
2. ศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้น
3. ศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้
4. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีการทางสถิติหลักการควบคุมคุณภาพและการวางแผนการทดลอง
5. แปลความหมายและสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล
6. นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
7. จัดทำรูปเล่มรายงาน

3.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

การควบคุมคุณภาพและวางแผนการทดลองในครั้งนี้ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของ บริษัท ดี.ซี.แอล.พลาสติก จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ เลขที่ 7/4 หมู่ 12 ตำบล บึงทองหลาง อำเภอ ลำลูกกา จังหวัด ปทุมธานี 12150

บริษัท ดี.ซี. แอล. พลาสติก จำกัด จัดตั้งขึ้นเมื่อปี 2546 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อจำหน่ายเม็ดพลาสติกที่ได้มาจากการนำพลาสติกมารีไซเคิลหลากหลายประเภท พร้อมทั้งรับซื้อเศษพลาสติกชนิดต่างๆ ด้วยประสบการณ์เกี่ยวกับพลาสติกรีไซเคิลมากกว่า 6 ปี รวมถึงการเอาใจใส่ในการผลิตพลาสติกรีไซเคิล การคัดเลือก และการจัดหาวัตถุดิบ ทำให้ลูกค้ามั่นใจได้ว่าสินค้าของโรงงานจะเป็นสินค้าที่ได้มาตรฐานและสามารถนำพลาสติกรีไซเคิลไปใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติกต่างๆ ได้มีอย่างประสิทธิภาพ

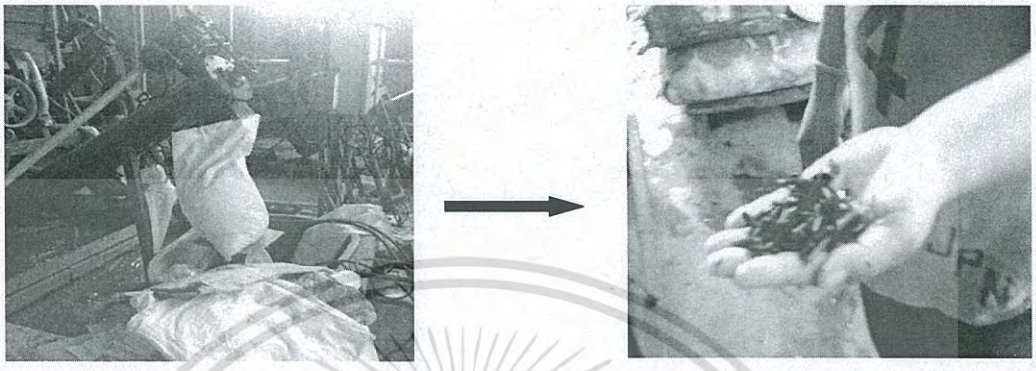
3.2.2 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของบริษัทดี.ซี.แอล.พลาสติก จำกัด

ในการผลิตเม็ดพลาสติกจะมีการรับซื้อวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิต โดยเป็นวัตถุดิบจำพวกเปลือกสายไฟ สายโทรศัพท์ สายยาง และทำการคัดแยกวัตถุดิบที่รับซื้อออกแต่ละชนิด โดยในการผลิตมีมาตรฐานโรงงาน ISO 9002 รองรับในการผลิตทุกขั้นตอน ขั้นตอนการผลิตมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ขั้นตอนการบดโม่

วัตถุดิบที่รับซื้อจะทำการบดโม่แต่ละประเภทให้เป็นชิ้นเล็ก เพื่อง่ายต่อการหลอมพลาสติก และทำการล้างเศษพลาสติก ขั้นตอนนี้สิ่งสกปรกจะถูกกำจัดไปโดยผ่านน้ำ และนำมาตากให้แห้งสนิท ดังรูปที่ 3.1



เครื่องบด พลาสติกชิ้นเล็ก

รูปที่ 3.1 การบดโม่

2. ขั้นตอนอบไล่ความชื้น

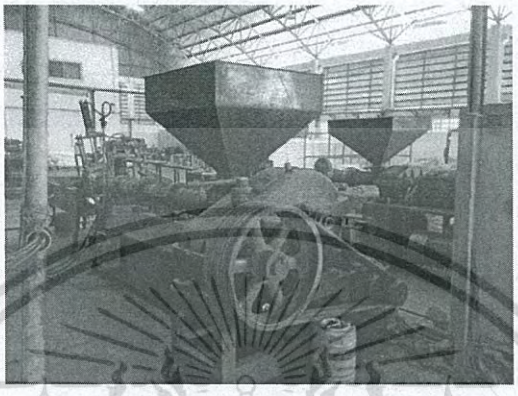
เมื่อทำการบดและล้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะนำวัตถุดิบมาอบเพื่อไล่ความชื้นโดยสังเกตจากไอน้ำจนกว่าจะหมดไปนั่นแสดงว่าวัตถุดิบแห้งแล้ว และภายในเครื่องจะมีที่กรองฝุ่นเพื่อกรองเศษขยะที่ยังคงมีติดอยู่ ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 อบไล่ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนหลอม

นำเศษพลาสติกที่ได้มาหลอมโดยใช้ความร้อนผ่านเครื่องหลอมพลาสติก ที่อุณหภูมิ 140 องศา พลาสติกในรูปของเหลวจะถูกส่งผ่านตะแกรงสแตนเลสที่มีความละเอียดเพื่อกรองของเสียที่เป็นเศษขยะหรืออื่นๆ เพื่อทำให้เหลือแต่เนื้อพลาสติกแท้ ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 เครื่องหลอม

4. ขั้นตอนการอัดรีด

เมื่อผ่านตะแกรงกรองของเสียมาแล้ว พลาสติกที่อยู่ในลักษณะของเหลวจะผ่านเข้าสู่เครื่องอัดรีดซึ่งของเหลวจะออกมาในลักษณะเป็นเส้น มาผ่านน้ำเพื่อให้พลาสติกนั้นแข็งตัว และจะมีคนงานคอยตัดเพื่อไม่ให้ของเหลวมากองรวมกัน ส่วนที่ตัดทิ้งมานั้นจะนำกลับเข้าเครื่องมาหลอมใหม่ ส่วนนี้เรียกว่า Recycle หลังจากนั้นก็ดึงให้เส้นผ่านเครื่องเป่าไปสู่เครื่องตัด ดังรูปที่ 3.4

เครื่องอัดรีด พลาสติกลักษณะเป็นเส้น

รูปที่ 3.4 การอัดรีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

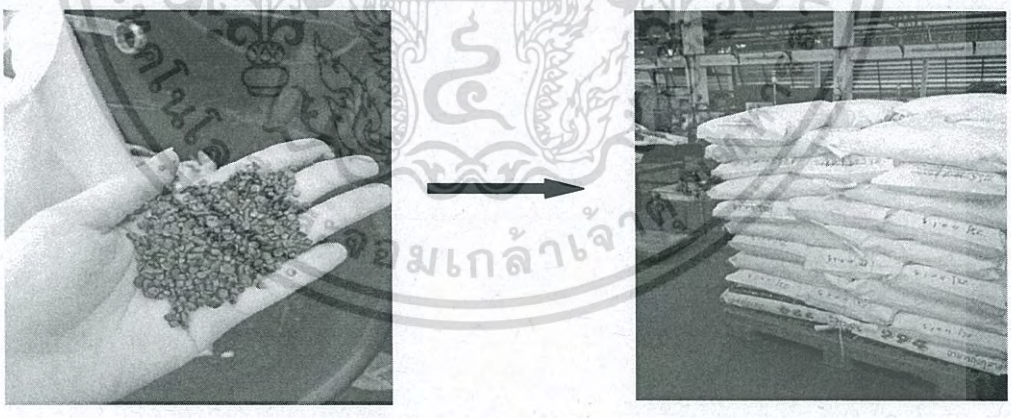
5. ขั้นตอนการตัด

เมื่อพลาสติกมีลักษณะแข็งตัว จะทำการตัดให้เป็นเม็ดซึ่งมีขนาดประมาณ 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นเม็ดพลาสติกจะตกลงในเครื่องคัดแยกเพื่อแยกเม็ดพลาสติกที่ได้มาตรฐาน เพื่อบรรจุภัณฑ์และไม่ได้มาตรฐานเพื่อนำกลับไปหลอมใหม่ ดังรูปที่ 3.5

รูปที่ 3.5 การตัด

6. ขั้นตอนบรรจุภัณฑ์

จะได้เม็ดพลาสติกขนาด 2-3 มิลลิเมตร และเม็ดพลาสติกที่ผ่านมาตรฐานจะนำบรรจุลงกระสอบ โดยกระสอบละ 25 กิโลกรัม



เม็ดพลาสติก บรรจุกระสอบ

รูปที่ 3.6 การบรรจุภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

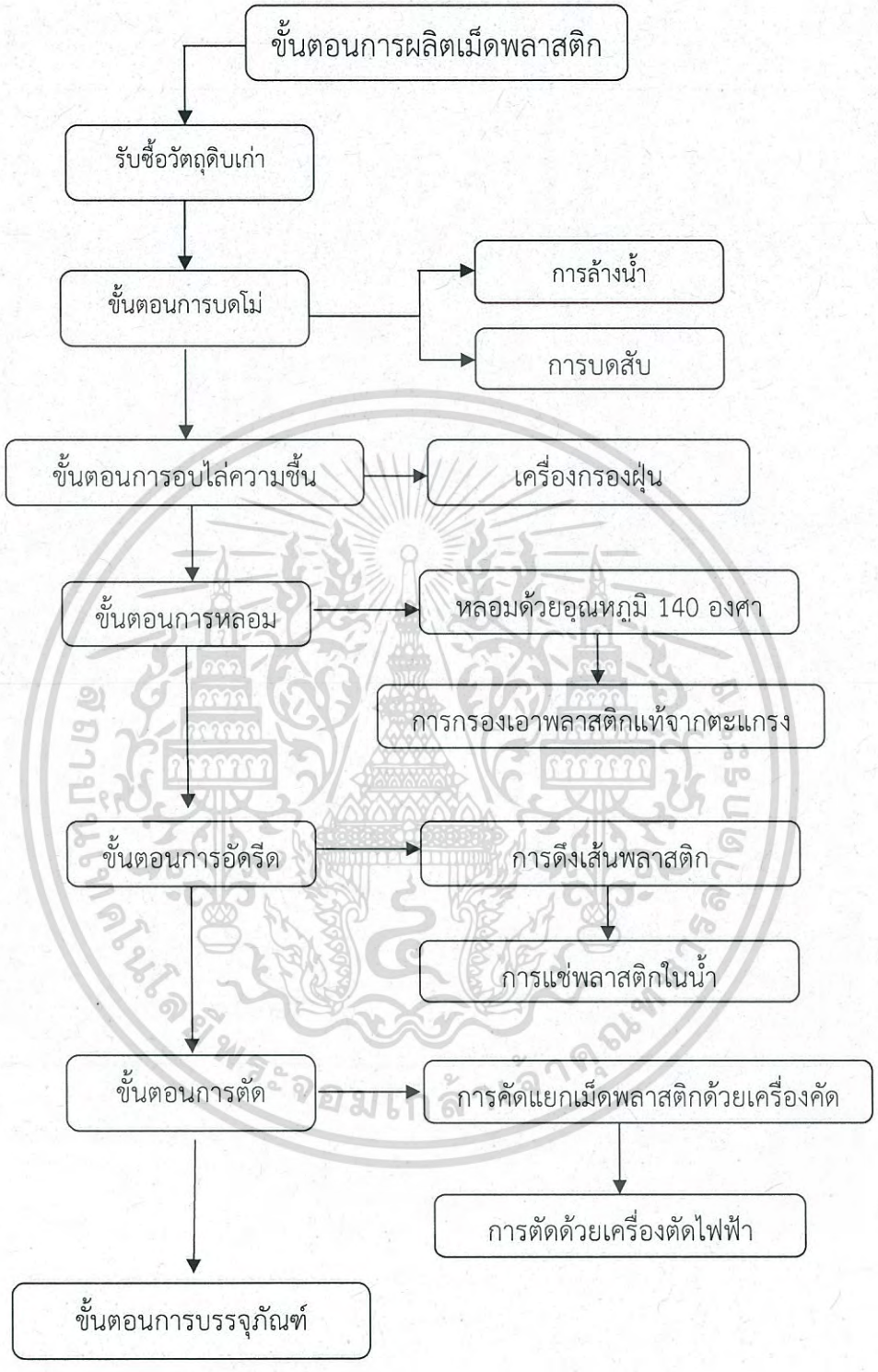
7. ขั้นตอนการรีไซเคิล

ในกระบวนการผลิต จะได้ของเสียมาจากขั้นตอนการอัดรีดของเสียเหล่านี้จะนำกลับมารีไซเคิลใหม่ในขั้นตอนของการหลอม ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ของเสียขั้นตอนการหลอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิแสดงกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของ บริษัท ดี.ซี.แอล พลาสติก จำกัด



รูปที่ 3.8 กระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาการควบคุมคุณภาพและการวางแผนได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

ในการเก็บข้อมูลจำนวนของเสียจากการผลิตเม็ดพลาสติกได้รับความร่วมมือจาก บริษัท ดี.ซี.แอล พลาสติก จำกัด ช่วยรวบรวมจำนวนของเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งมีจำนวนการผลิตในแต่ละวันไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าโดยทางบริษัทได้ทำการผลิตเม็ดพลาสติกเพื่อนำไปผลิตเป็นปลอกสายไฟเป็นประจำ มีสาเหตุที่พบเป็นประจำคือในการผลิตเม็ดพลาสติกแต่ละรอบจะเกิดของเสียออกมามากในแต่ละเครื่องจักรไม่เท่ากัน ซึ่งส่งผลให้ปริมาณเม็ดพลาสติกที่ผลิตได้ในแต่ละรอบไม่เป็นไปตามจำนวนที่ผู้ผลิตต้องการทำให้ต้องเริ่มการผลิตในขั้นตอนแรกใหม่

ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ได้เริ่มทำการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง 31 มกราคม พ.ศ. 2559 โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทุกวัน ยกเว้นวันที่โรงงานหยุดพักเครื่องจักรพร้อมกัน โดยทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบตารางเก็บข้อมูลเป็นรายเดือน เพื่อสะดวกแก่การเก็บรวบรวมข้อมูล ดังตารางที่ 3.1 ถึง ตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย เดือน.....ปี พ.ศ. .....

วันที่	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต (n)	จำนวนของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต (np)	ลักษณะของเสีย		หมายเหตุ
			Recycle	ติดตะแกรง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลจำนวนการผลิตในขั้นตอนการหลอม

ครั้งที่	วันที่	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติก (n)	จำนวนของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต (np)	ลักษณะของเสีย		หมายเหตุ
				Recycle	ติดตะแกรง	
1	1	2,925	71	15	55	
2	4	7,925	235	179	52	
3	5	6,600	338	256	77	
4	6	6,750	225	176	43	
5	7	6,575	230	216	57	
6	8	6,825	173	114	51	
7	9	6,925	367	297	61	
8	10	6,975	507	425	72	
9	11	7,700	453	300	142	
10	12	10,175	439	312	115	
11	13	9,875	652	479	160	
12	14	5,800	463	385	164	
13	15	4,725	409	293	101	
14	18	9,550	295	237	40	
15	19	7,075	358	281	58	
16	20	7,300	313	227	66	
17	21	9,175	513	401	91	
18	22	8,925	590	444	124	
19	23	8,625	452	312	117	
20	24	10,650	657	495	138	
21	25	3,975	627	478	124	
22	26	6,925	513	403	84	
23	27	12,775	758	569	162	
24	28	11,575	748	562	158	
25	29	3,800	406	281	96	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle/ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 1
ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่.....
ผู้ตรวจสอบ.....

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)
1				
2				
3				
4				
5				

ตารางที่ 3.4 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle/ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 3
ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่.....
ผู้ตรวจสอบ.....

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)
1				
2				
3				
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียประเภท Recycle/ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 4

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่.....

ผู้ตรวจสอบ.....

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบ ประเภท	น้ำหนักพลาสติก รีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบ ประเภท	น้ำหนักพลาสติก รีไซเคิล/ติดตะแกรง (กก.)
1				
2				
3				
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p - chart) เมื่อขนาดกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน
2. แผนผังพาเรโต้
3. แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram Fish Bone Diagram)
4. การวางแผนการทดลองแบบ 3 x 4 Factorial Design

3.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สร้างแผนภูมิสัดส่วนของเสีย (p - chart) เมื่อขนาดกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน
2. วิเคราะห์แผนผังพาเรโต้
3. วิเคราะห์แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุของการเกิดปัญหา
4. การวิเคราะห์การควบคุมคุณภาพ จะบอกได้เฉพาะสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียจึงไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าของเสียที่มีนั้นเกิดจากปัจจัยใด จึงนำการวางแผนการทดลองมาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อระบุให้แน่ชัดว่า โดยวิเคราะห์หาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียโดยวิธีการวางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial Design

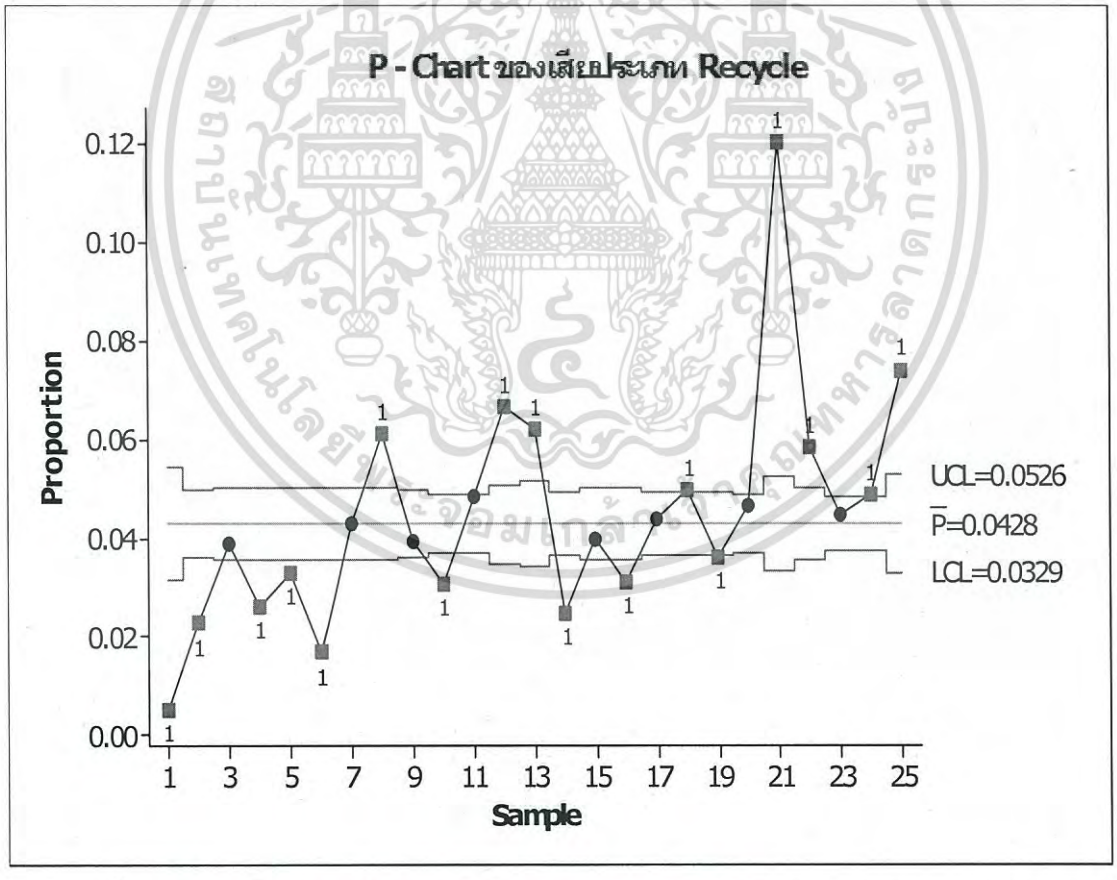
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของบริษัท ดี.ซี. แอล. พลาสติก จำกัด และได้ใช้สถิติแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนผังพาเรโต แผนผังก้างปลา และการวางแผนการทดลอง 3x4 แฟคทอเรียล เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลของกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ในขั้นตอนการคัดแยก บดโม่ การหลอมและการตัด โดยพิจารณาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละเดือน

4.1 ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-Chart) ในการผลิตเม็ดพลาสติก

1. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ดังแสดงในรูปที่ 4.1



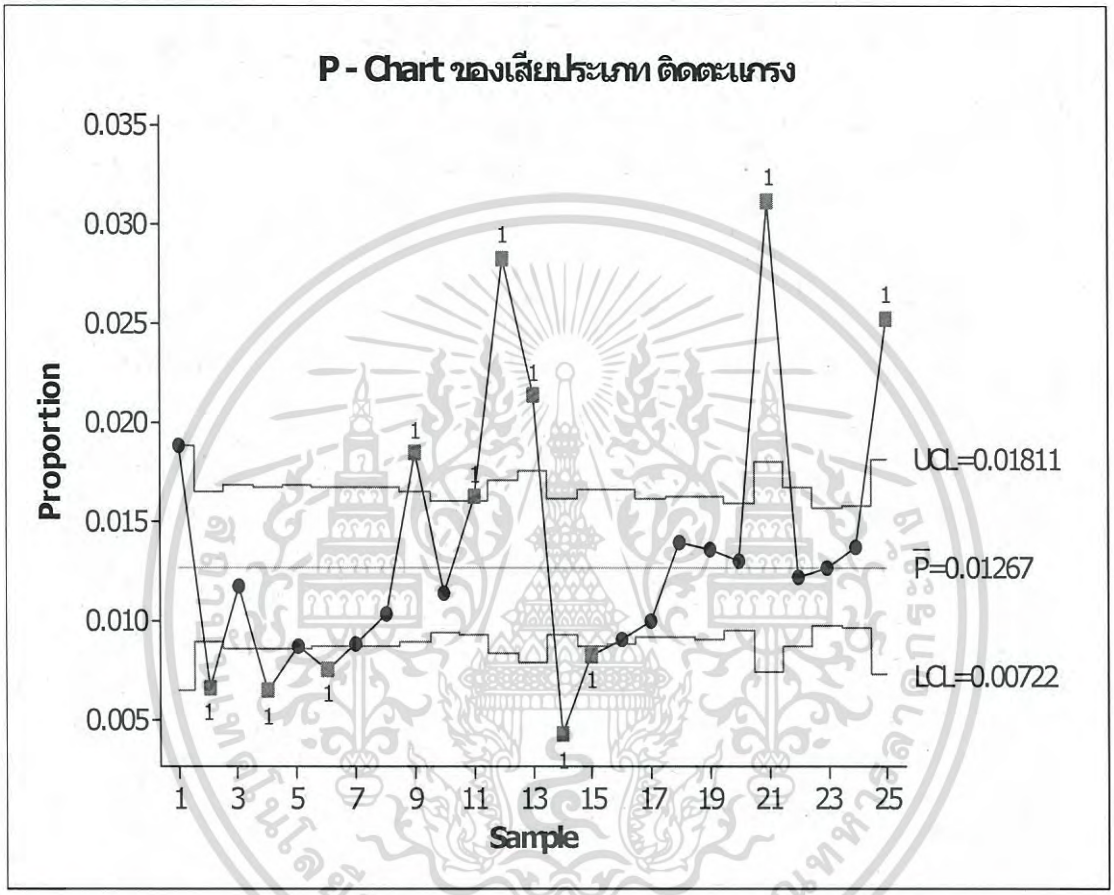
รูปที่ 4.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

หมายเหตุ: 1 หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 8 12 13 18 22 24 และ 25 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมีจุดที่ 21 เพียงจุดเดียวที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่า กระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 4.28%

2. ผลการวิเคราะห์แผนควบคุมภูมิสัดส่วนของเสีย ประเภท ติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ดังแสดงในแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในรูปที่ 4.2



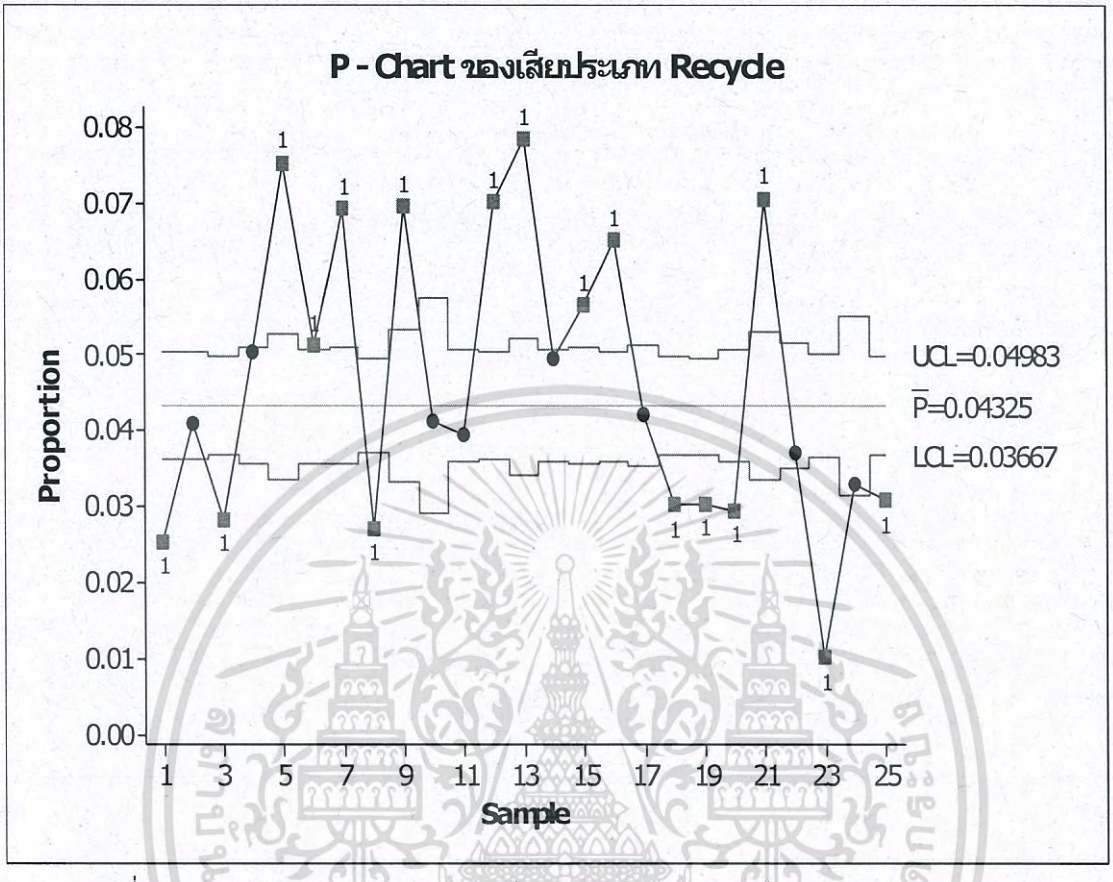
รูปที่ 4.2 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

หมายเหตุ: 1 หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

รูปที่ 4.2 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 9 11 และ 13 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมีจุดที่ 12 21 และ 25 ที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 1.267%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 เป็นดังแสดงในแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในรูปที่ 4.3



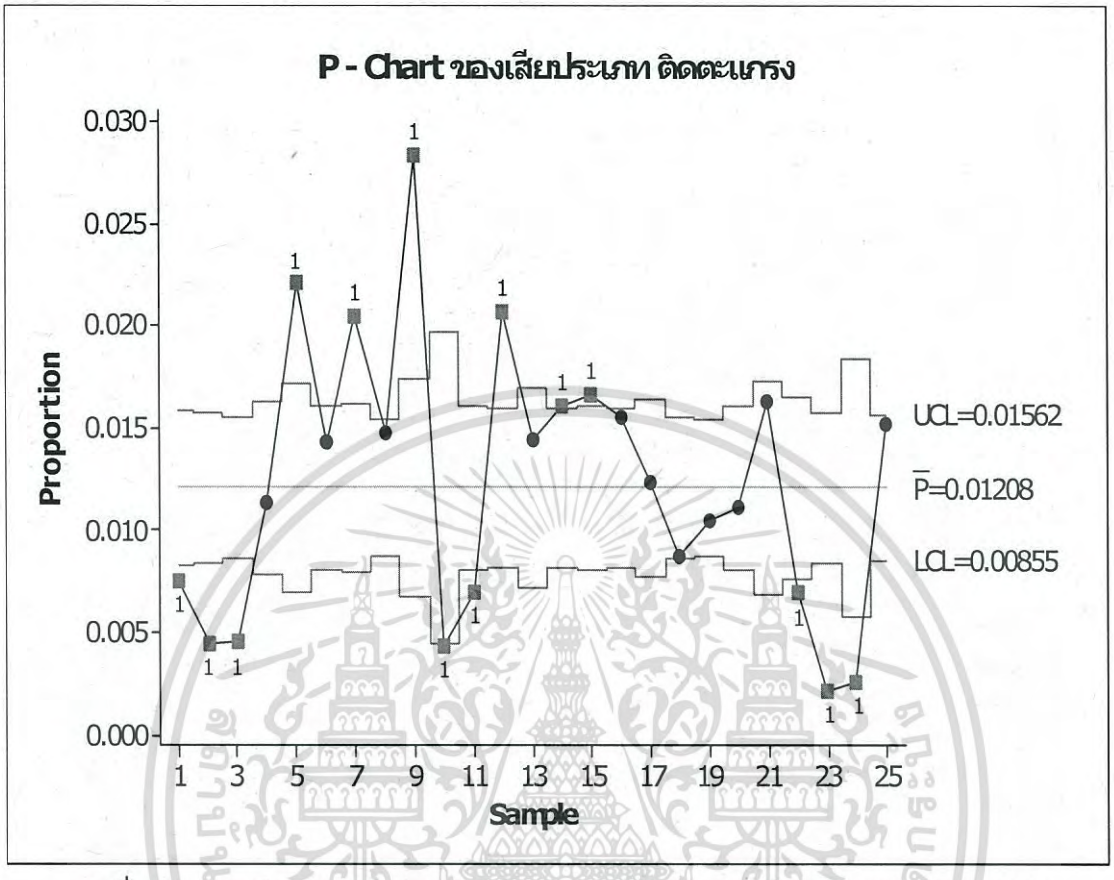
รูปที่ 4.3 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

หมายเหตุ: 1 หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

รูปที่ 4.3 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 6 และ 15 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมี 7 จุดคือ 5 7 9 12 13 16 และ 21 ที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่า กระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 4.325%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท ติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 เป็นดังแสดงในแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในรูปที่ 4.4



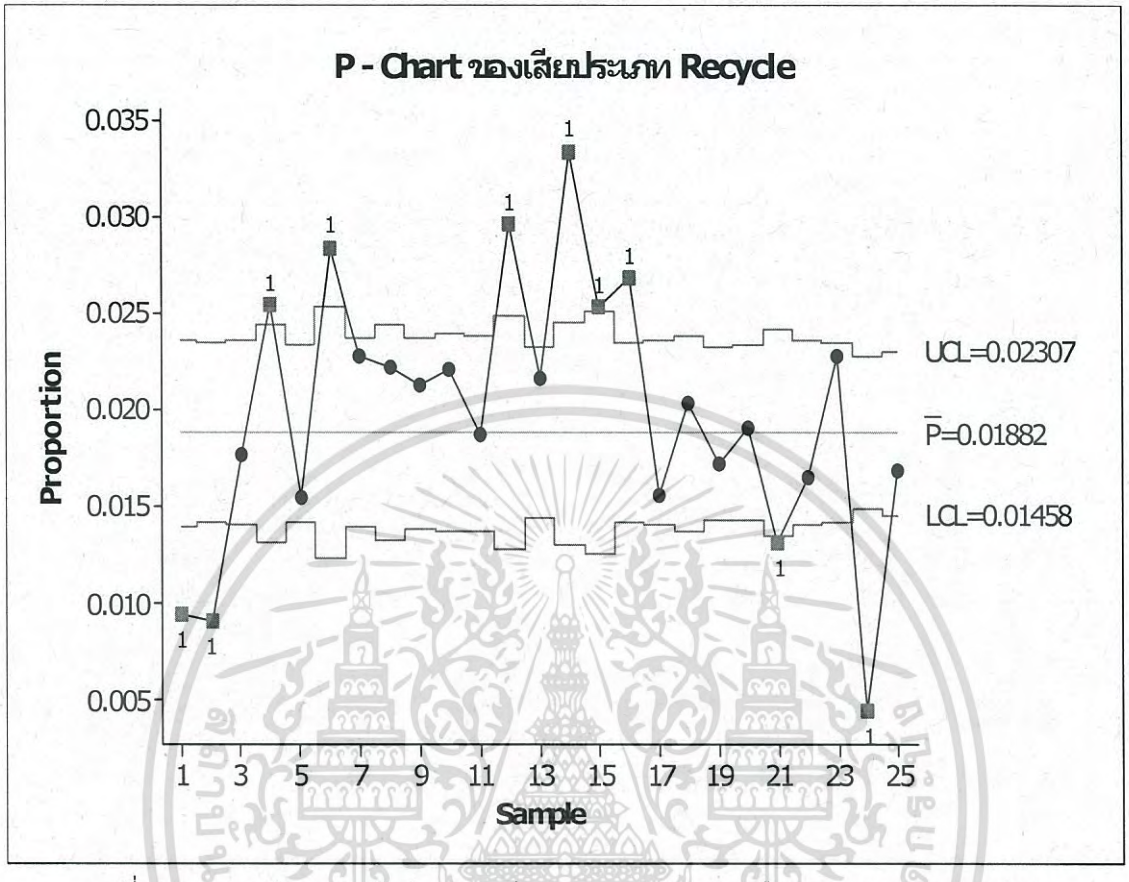
รูปที่ 4.4 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

หมายเหตุ: 1 หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

รูปที่ 4.4 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 5 7 12 14 และ 15 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมีจุดที่ 9 เพียงจุดเดียวที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่า กระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 1.208%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 เป็นดังแสดงในแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในรูปที่ 4.5



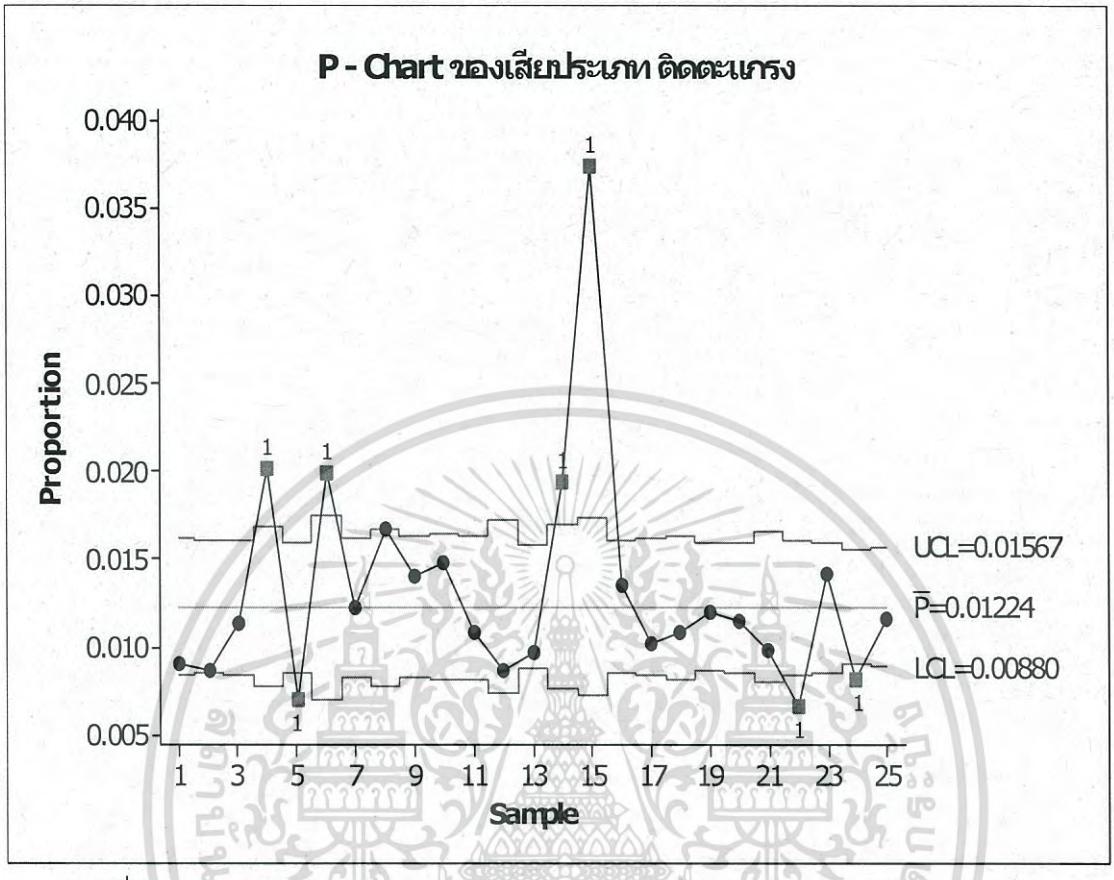
รูปที่ 4.5 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท Recycle เดือน มกราคม พ.ศ. 2559

หมายเหตุ: 1 หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

รูปที่ 4.5 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 4 6 12 15 และ 16 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมีจุดที่ 14 เพียงจุดเดียวที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่า กระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 1.882%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ผลการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภท ติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 เป็นดังแสดงในแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียประเภทติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559

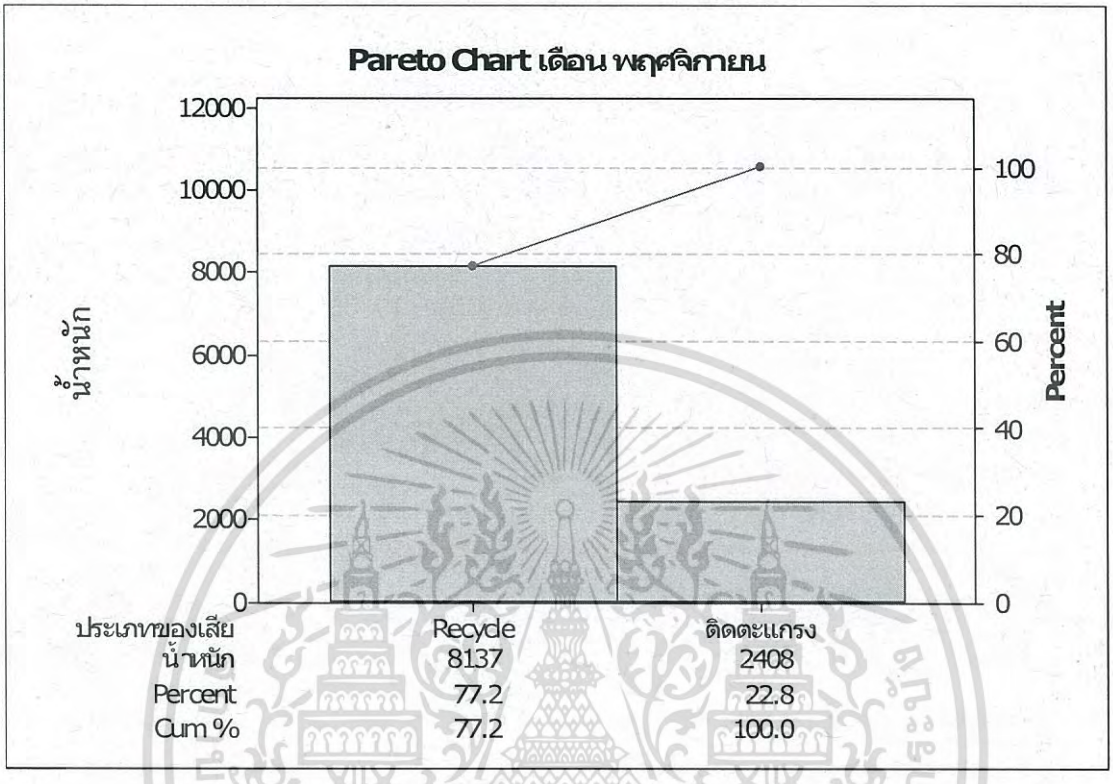
หมายเหตุ: ^{1} หมายถึง จุดตกนอกขีดจำกัดควบคุมบน

รูปที่ 4.6 พบว่า แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียมีจุดที่ 4 6 และ 14 เป็นจุดที่ตกนอกขีดจำกัดควบคุมออกไปเพียงเล็กน้อย และมีจุดที่ 15 เพียงจุดเดียวที่ตกนอกขีดจำกัดบนออกไปมาก แสดงว่า กระบวนการผลิตไม่สามารถควบคุมได้ และมีสัดส่วนของเสียเท่ากับ 1.224%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต และ แผนผังก้างปลา

1. ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต ของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.7



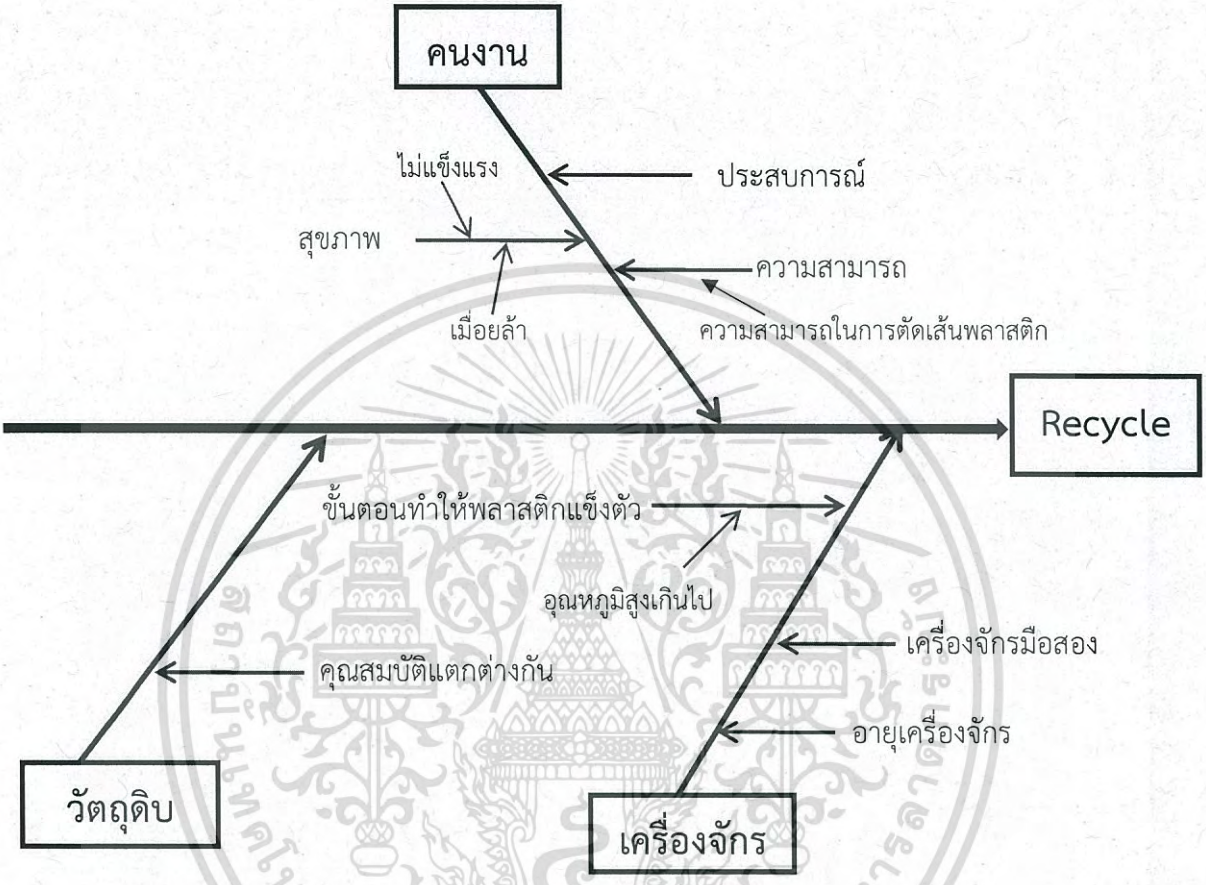
รูปที่ 4.7 น้ำหนักของเสีย และ ร้อยละน้ำหนักของเสีย จำแนกตามประเภทของเสีย เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

รูปที่ 4.7 แสดงถึงน้ำหนักของเสียและร้อยละน้ำหนักของเสียในแต่ละประเภทจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า น้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด เกิดจากการ Recycle มีจำนวน 8,137 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 77.2 รองลงมา คือ ของที่ติดตะแกรง มีของเสียจำนวน 2,408 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 22.8

เนื่องจากน้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานมีเพียง 2 ประเภท และให้ของเสียน้ำหนักมาก จึงเลือกมาปรับปรุงแก้ไขทั้ง 2 ประเภท โดยการสร้างแผนผังก้างปลาเพื่อแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

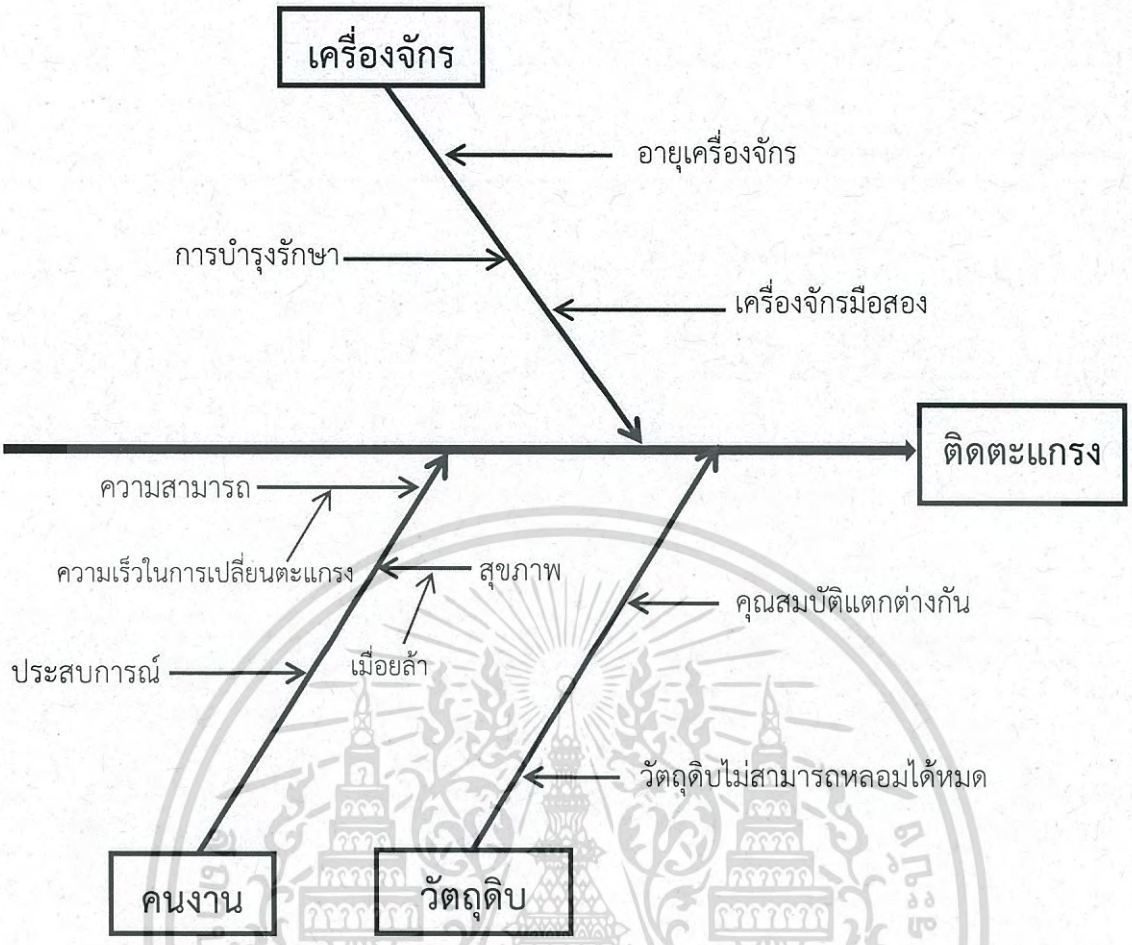
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขการเกิดของเสียแต่ละประเภท เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 แสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9 และ ตารางที่ 4.1 ตามลำดับ



รูปที่ 4.8 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท ติดตะแกรง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

จากแผนผังก้างปลา รูปที่ 4.8 และ 4.9 สรุปสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง ได้ดังตาราง 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไข การเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1. Recycle	
1.1 เครื่องจักร	
1.1.1 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
1.1.2 ขั้นตอนทำให้พลาสติกแข็งตัว	
1.1.2.1 อุณหภูมิสูงเกินไป	- ตรวจอุณหภูมิน้ำเป็นประจำ , หมั่นตรวจสภาพใบพัดดูดอากาศ
1.1.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
1.2 คนงาน	
1.2.1 ความสามารถ	
1.2.1.1 ความเร็วในการตัดเส้นพลาสติก	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.3 สุขภาพ	
1.2.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
1.2.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน
1.3 วัตถุดิบ	
1.3.1 คุณสมบัติวัตถุดิบแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ

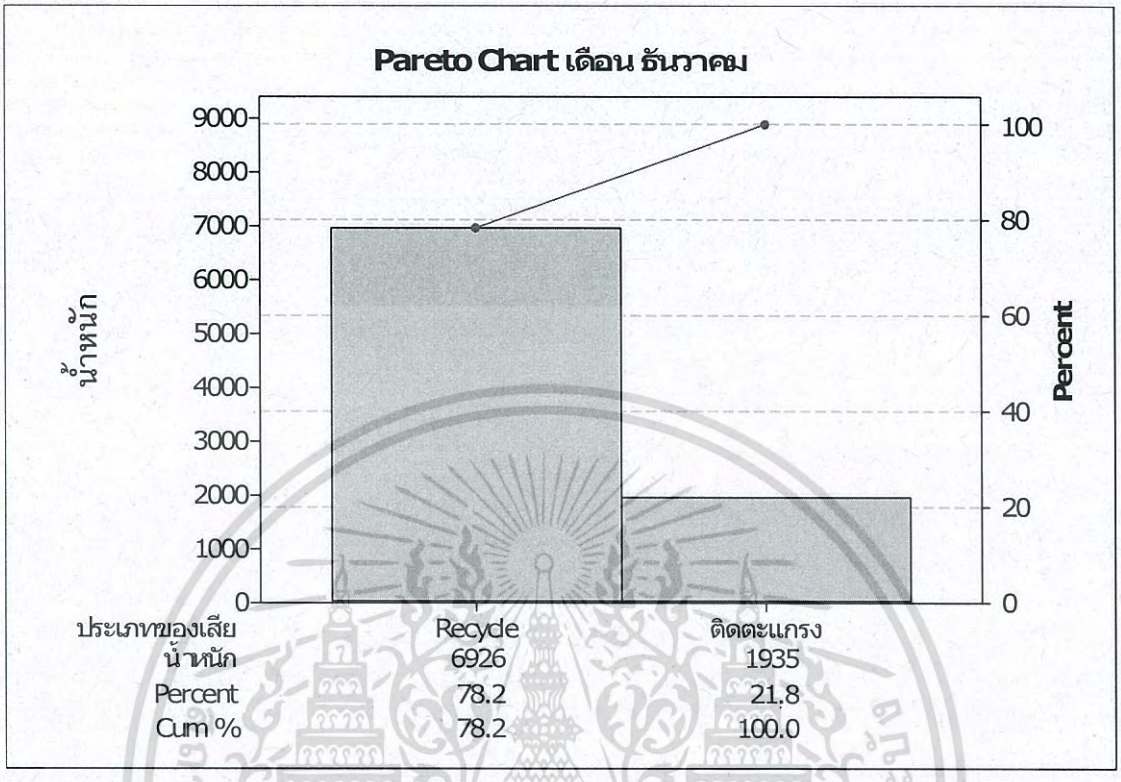
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
2. ติดตะแกรง	
2.1 วัตถุดิบ	
2.1.1 คุณสมบัติแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ
2.1.2 วัตถุดิบไม่สามารถหลอมได้หมด	- ควรคัดแยกวัตถุดิบให้ละเอียด
2.2 เครื่องจักร	
2.2.1 การบำรุงรักษา	- บำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำ
2.2.2 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
2.2.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
2.3 คนงาน	
2.3.1 ความสามารถ	
2.3.1.1 ความสามรถในการเปลี่ยนตะแกรง	- ควรให้ทำอยู่เป็นประจำไม่มีการเปลี่ยนไปทำแผนกอื่น
2.3.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
2.3.3 สุขภาพ	
2.3.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
2.3.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโตของเสีย ประเภท Recycle และ ติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.10



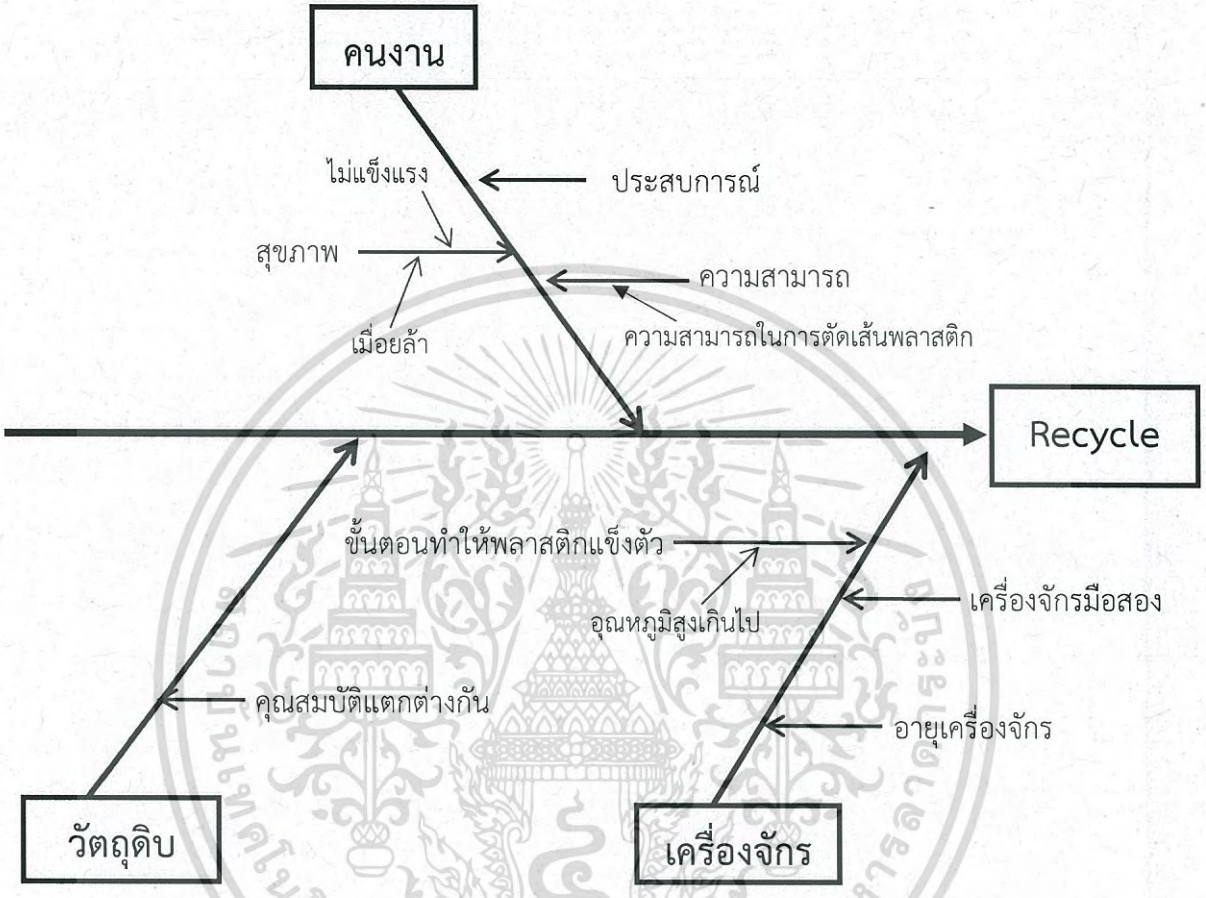
รูปที่ 4.10 น้ำหนักของเสีย และ ร้อยละน้ำหนักของเสีย จำแนกตามประเภทของเสีย เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

รูปที่ 4.10 แสดงถึงน้ำหนักของเสีย และร้อยละน้ำหนักของเสียในแต่ละประเภทจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกประจำเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ทั้ง 2 กลุ่ม พบว่าน้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด เกิดจากการ Recycle มีจำนวน 6,926 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 78.2 รองลงมาคือของที่ติดตะแกรง มีของเสียจำนวน 1,935 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 21.8

เนื่องจากน้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานมีเพียง 2 ประเภท และให้ของเสียน้ำหนักมาก จึงเลือกมาปรับปรุงแก้ไขทั้ง 2 ประเภท โดยการสร้างแผนผังก้างปลาเพื่อแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

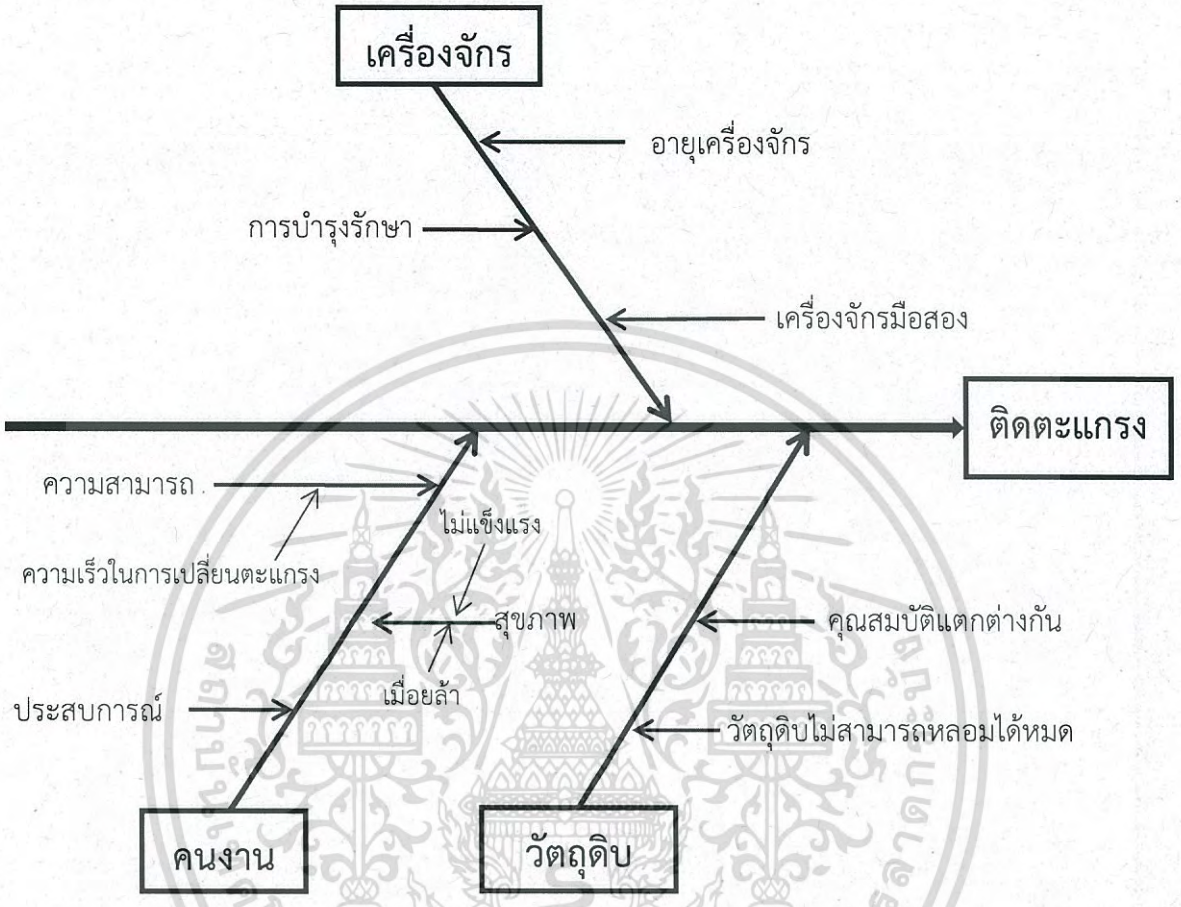
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขการเกิดของเสียแต่ละประเภท เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558 แสดงในรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท ติดตะแกรง เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

จากแผนผังก้างปลา รูปที่ 4.11 และ 4.12 สรุปสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง ได้ดังตาราง 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไข การเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2558

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1. Recycle	
1.1 เครื่องจักร	
1.1.1 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
1.1.2 ขั้นตอนทำให้พลาสติกแข็งตัว	
1.1.2.1 อุณหภูมิสูงเกินไป	- ตรวจอุณหภูมิน้ำเป็นประจำ , หมั่นตรวจสภาพใบพัดดูดอากาศ
1.1.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
1.2 คนงาน	
1.2.1 ความสามารถ	
1.2.1.1 ความเร็วในการตัดเส้นพลาสติก	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.3 สุขภาพ	
1.2.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
1.2.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน
1.3 วัตถุดิบ	
1.3.1 คุณสมบัติวัตถุดิบแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ

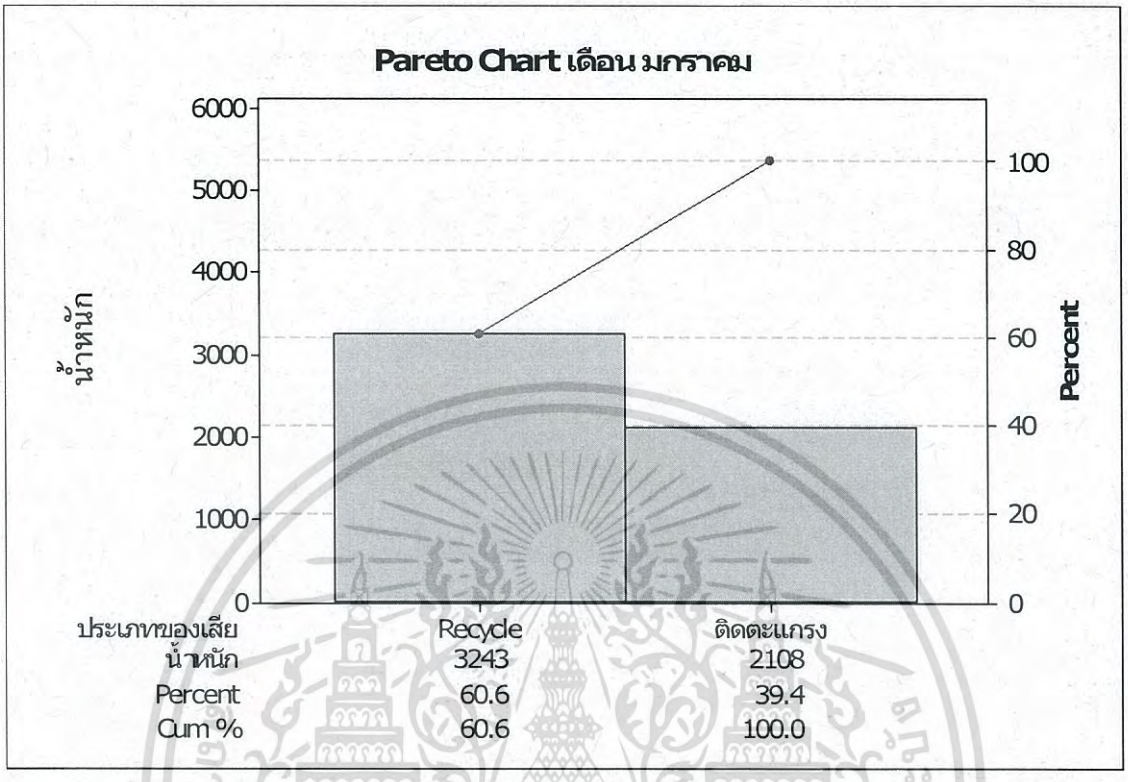
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
2. ติดตะแกรง	
2.1 วัตถุดิบ	
2.1.1 คุณสมบัติแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ
2.1.2 วัตถุดิบไม่สามารถหลอมได้หมด	- ควรคัดแยกวัตถุดิบให้ละเอียด
2.2 เครื่องจักร	
2.2.1 การบำรุงรักษา	- บำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำ
2.2.2 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
2.2.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
2.3 คนงาน	
2.3.1 ความสามารถ	- ควรให้ทำอยู่เป็นประจำไม่มีการเปลี่ยนไปทำแผนกอื่น
2.3.1.1 ความสามารถในการเปลี่ยนตะแกรง	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
2.3.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
2.3.3 สุขภาพ	
2.3.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
2.3.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต ของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 เป็นดังแสดงในรูปที่ 4.13



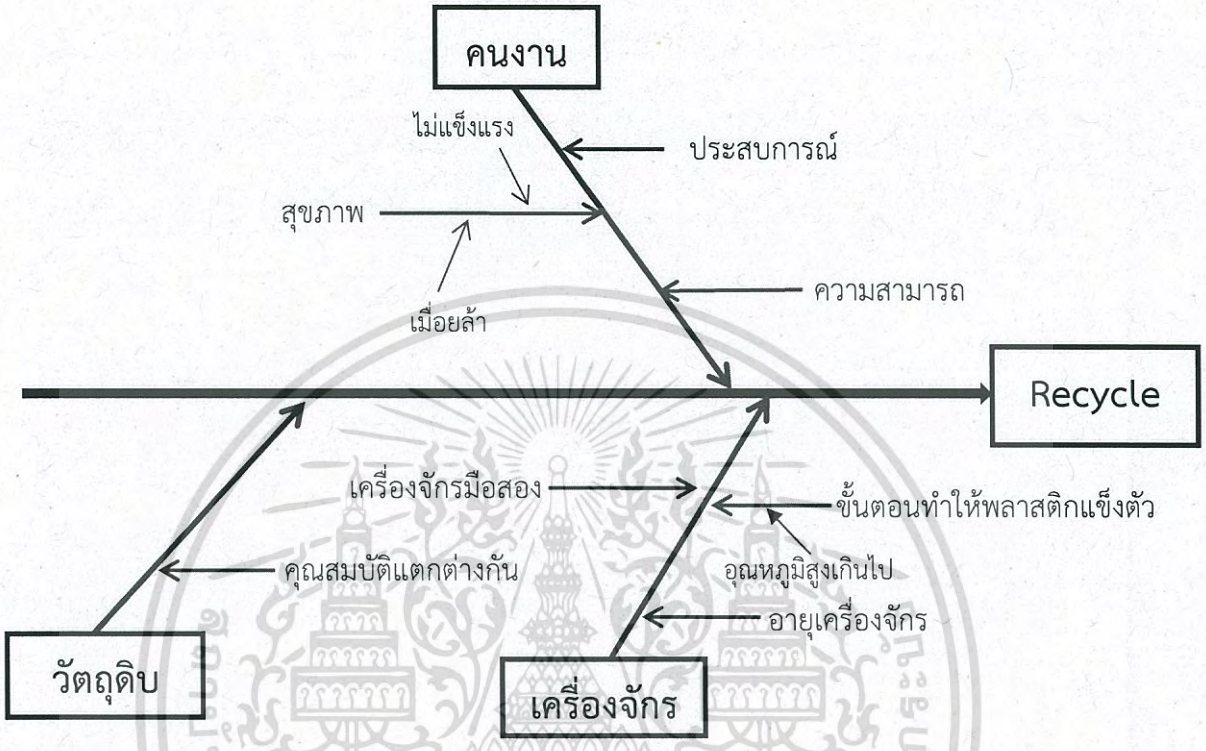
รูปที่ 4.13 น้ำหนักของเสีย และ ร้อยละน้ำหนักของเสีย จำแนกตามประเภทของเสีย เดือน มกราคม พ.ศ. 2559

รูปที่ 4.13 แสดงถึงน้ำหนักของเสีย และร้อยละน้ำหนักของเสียในแต่ละประเภทจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 ทั้ง 2 กลุ่ม พบว่า น้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุด เกิดจากการ Recycle มีจำนวน 3,243 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 60.6 รองลงมาคือของที่ติดตะแกรง มีของเสียจำนวน 2,108 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 39.4

เนื่องจากน้ำหนักของเสียที่เกิดขึ้นในโรงงานมีเพียง 2 ประเภท และให้ของเสียน้ำหนักมาก จึงเลือกมาปรับปรุงแก้ไขทั้ง 2 ประเภท โดยการสร้างแผนผังก้างปลาเพื่อแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด

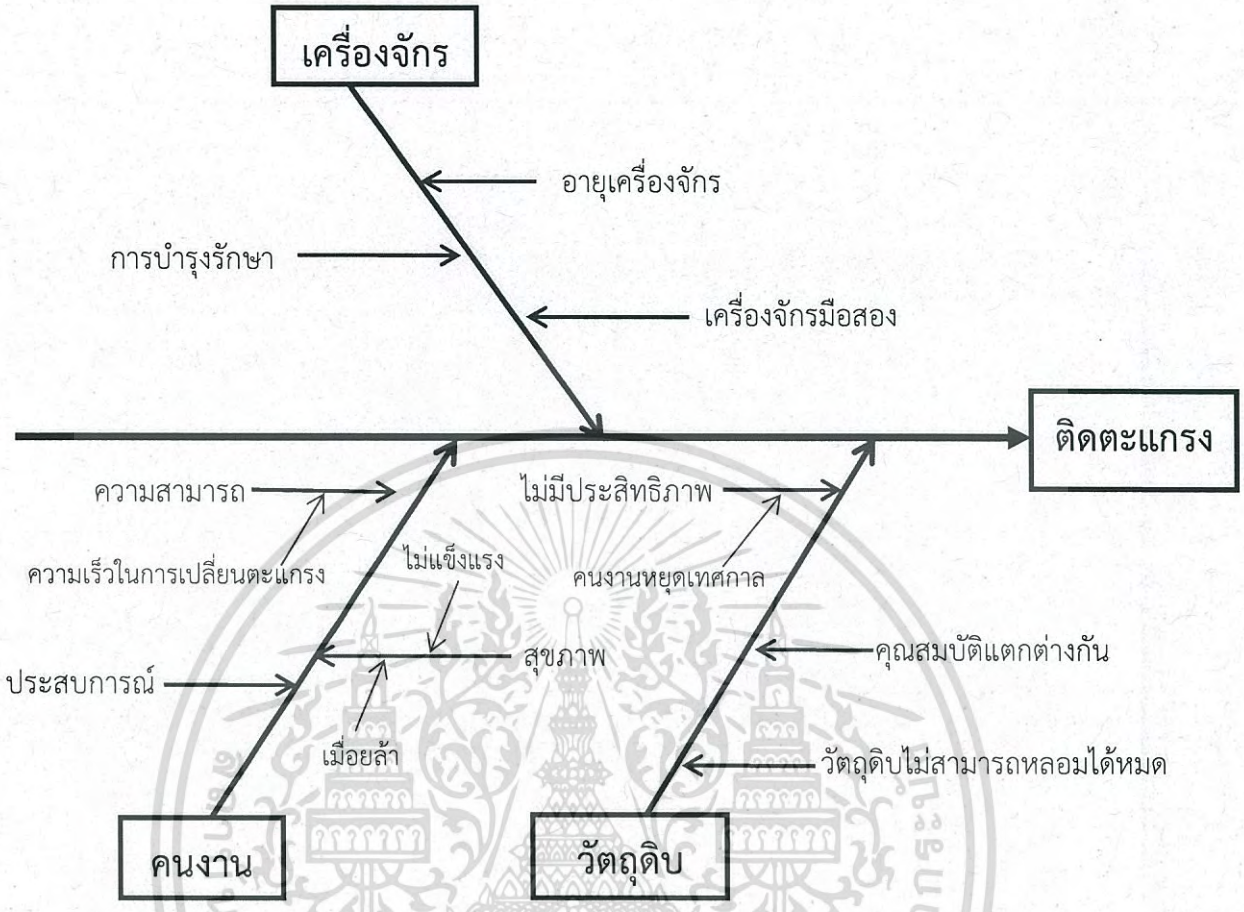
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์แผนผังก้างปลาเพื่อหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขของการเกิดของเสียแต่ละประเภท เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 แสดงในรูปที่ 4.14 และ 4.15 ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท Recycle ในเดือน มกราคม พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แผนผังก้างปลาแสดงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียประเภท ติดตะแกรง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559

จากแผนผังก้างปลา รูปที่ 4.14 และ 4.15 สรุปสาเหตุและวิธีแก้ไขการเกิดของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง ได้ดังตาราง 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงสาเหตุและวิธีแก้ไข การเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก เดือน มกราคม พ.ศ. 2559

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1. Recycle	
1.1 เครื่องจักร	
1.1.1 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
1.1.2 ขั้นตอนทำให้พลาสติกแข็งตัว	
1.1.2.1 อุณหภูมิสูงเกินไป	- ตรวจอุณหภูมิน้ำเป็นประจำ , หมั่นตรวจสภาพใบพัดดูดอากาศ
1.1.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
1.2 คนงาน	
1.2.1 ความสามารถ	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
1.2.3 สุขภาพ	
1.2.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
1.2.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน
1.3 วัตถุดิบ	
1.3.1 คุณสมบัติวัตถุดิบแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

สาเหตุ	วิธีแก้ไข
2. ติดตะแกรง	
2.1 วัตถุดิบ	
2.1.1 คุณสมบัติแตกต่างกัน	- ตรวจสอบวัตถุดิบและศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ
2.1.2 วัตถุดิบไม่สามารถหลอมได้หมด	- ควรคัดแยกวัตถุดิบให้ละเอียด
2.2 เครื่องจักร	
2.2.1 การบำรุงรักษา	- บำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นประจำ
2.2.2 เครื่องจักรรับซื้อมาเป็นมือสอง	- ตรวจสอบสภาพเครื่องจักรก่อนซื้อ
2.2.3 อายุการใช้งานของเครื่องจักร	- ตรวจสภาพเครื่องจักรเป็นประจำ
2.3 คนงาน	
2.3.1 ความสามารถ	
2.3.1.1 ความสามรถในการเปลี่ยนตะแกรง	- ควรให้ทำอยู่เป็นประจำไม่มีการเปลี่ยนไปทำแผนกอื่น
2.3.2 ประสบการณ์	- มีการฝึกและอบรมเป็นประจำ
2.3.3 สุขภาพ	
2.3.3.1 เมื่อยล้า	- มีการสลับตำแหน่งงาน
2.3.3.2 ไม่แข็งแรง	- ตรวจสุขภาพพนักงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อของเสียในแต่ละประเภท

จากการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนผังพาเรโต และแผนผังก้างปลา ทั้ง 3 เดือน พบว่า ให้ผลการวิเคราะห์ที่คล้ายกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์การวางแผนการทดลองจึงทำการเก็บข้อมูลในเดือนมกราคมเพียง 1 เดือน ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลปัจจัยชนิดเครื่องจักร และวัตถุดิบที่มีต่อจำนวนของเสียในกระบวนการผลิต โดยไม่นำคนงานมาวิเคราะห์ เพราะว่าในการคำนวณการวางแผนการทดลองนั้น ต้องใช้ข้อมูลเชิงปริมาณจึงนำข้อมูลของเสียในส่วนของเครื่องจักร(เครื่องจักรที่ 1,3 และ 4) กับวัตถุดิบ(วัตถุดิบชนิดที่ 1,2,3 และ 4) มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวางแผนการทดลองแบบ 3x4 Factorial CRD (Completely Randomized Design) ข้อมูลน้ำหนักของเสียที่เก็บได้มีหน่วยเป็น กิโลกรัม แสดงในตารางที่ 4.4 - 4.6

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักของเสียประเภท Recycle

วัตถุดิบ	เครื่องจักร		
	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 3	เครื่องที่ 4
ชนิดที่ 1	21.00	47.00	17.00
	20.00	52.50	27.80
	29.00	30.00	11.20
ชนิดที่ 2	12.00	28.00	26.80
	24.00	33.00	13.70
	11.00	15.00	14.00
ชนิดที่ 3	29.00	23.00	7.16
	14.00	25.25	65.00
	24.00	20.75	60.90
ชนิดที่ 4	52.00	12.00	17.25
	14.00	7.00	21.00
	19.00	11.00	10.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 น้ำหนักของเสียประเภทติดตะแกรง

วัตถุดิบ	เครื่องจักร		
	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 3	เครื่องที่ 4
ชนิดที่ 1	2.53	1.20	1.73
	3.49	6.00	4.67
	5.42	3.70	2.33
ชนิดที่ 2	1.80	1.25	1.67
	5.40	1.46	8.33
	7.60	2.13	3.90
ชนิดที่ 3	1.86	1.00	8.20
	9.33	1.26	1.60
	2.10	1.80	10.20
ชนิดที่ 4	3.21	1.73	2.60
	1.75	1.07	3.56
	4.12	1.53	9.20

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

วัตถุดิบ	เครื่องจักร		
	เครื่องที่ 1	เครื่องที่ 3	เครื่องที่ 4
ชนิดที่ 1	23.53	48.20	18.73
	23.49	58.50	32.47
	34.42	33.70	14.53
ชนิดที่ 2	13.80	29.25	28.47
	29.40	34.46	22.03
	18.60	17.13	17.90
ชนิดที่ 3	30.86	24.00	15.36
	23.33	26.51	66.60
	26.10	22.55	71.10
ชนิดที่ 4	55.21	13.73	19.85
	15.75	8.07	24.56
	23.12	12.53	19.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบการทดลอง เป็นการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนว่าลักษณะข้อมูลมีการแจกแจงปกติ (Normally Distributed) ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน (Test for Homogeneity of Variance) และ ข้อมูลมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าข้อมูลสามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย 3x4 Factorial Design ขั้นตอนของการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน ได้ผลลัพธ์ดังนี้

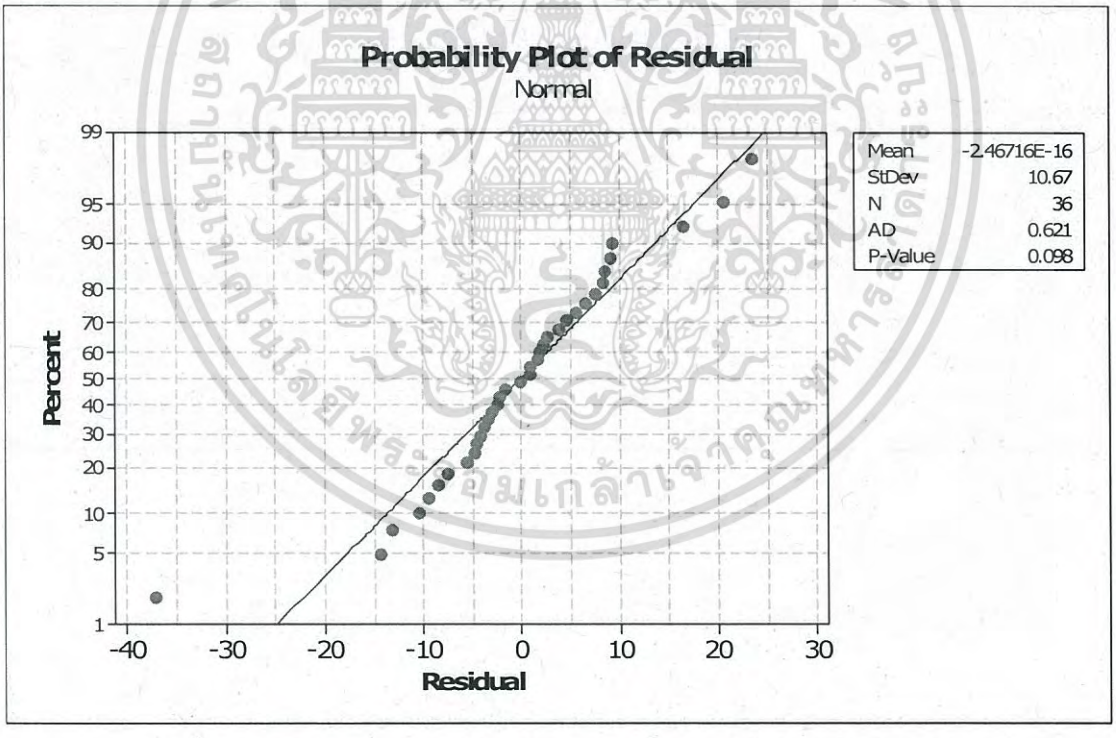
4.3.1.1 การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท Recycle

สมมุติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

พิจารณาสถิติทดสอบ Anderson-Darling ได้ค่าสถิติ Anderson-Darling test = 0.621 และ p-value = 0.098 ซึ่งมีค่า มากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 4.16

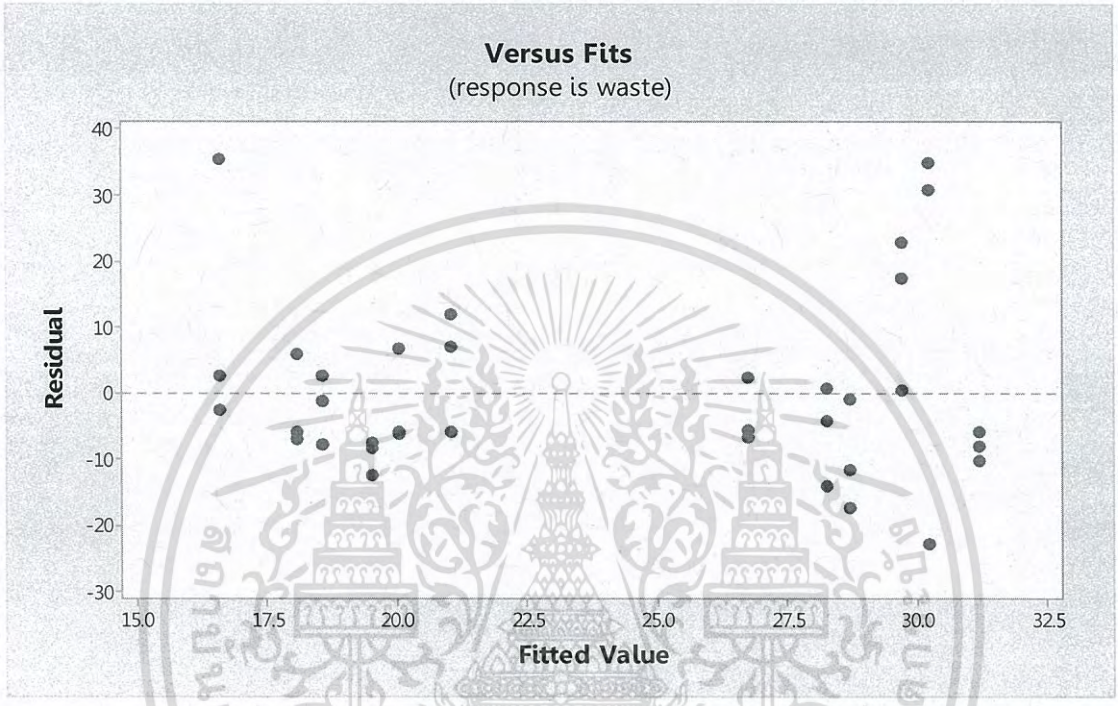


รูปที่ 4.16 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภท Recycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภท Recycle

จากการพิจารณาแผนภาพแสดงการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าของตัวแปรตอบสนอง (Fitted Value) เพื่อตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน พบว่าค่าความแปรปรวนมีลักษณะไม่มีรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.17 จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน



รูปที่ 4.17 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภท Recycle

4.3.1.3 ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภท Recycle

การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน สามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิการกระจาย ดังรูปที่ 4.18 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิพบว่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน (Independent) หรือพิจารณาจากตัวสถิติ run-test (MINITAB) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

Runs above and below K = -2.4671E-16

The observed number or runs = 21

The expected number of runs = 18.9444

19 observations above K, 17 below P-value = 0.486

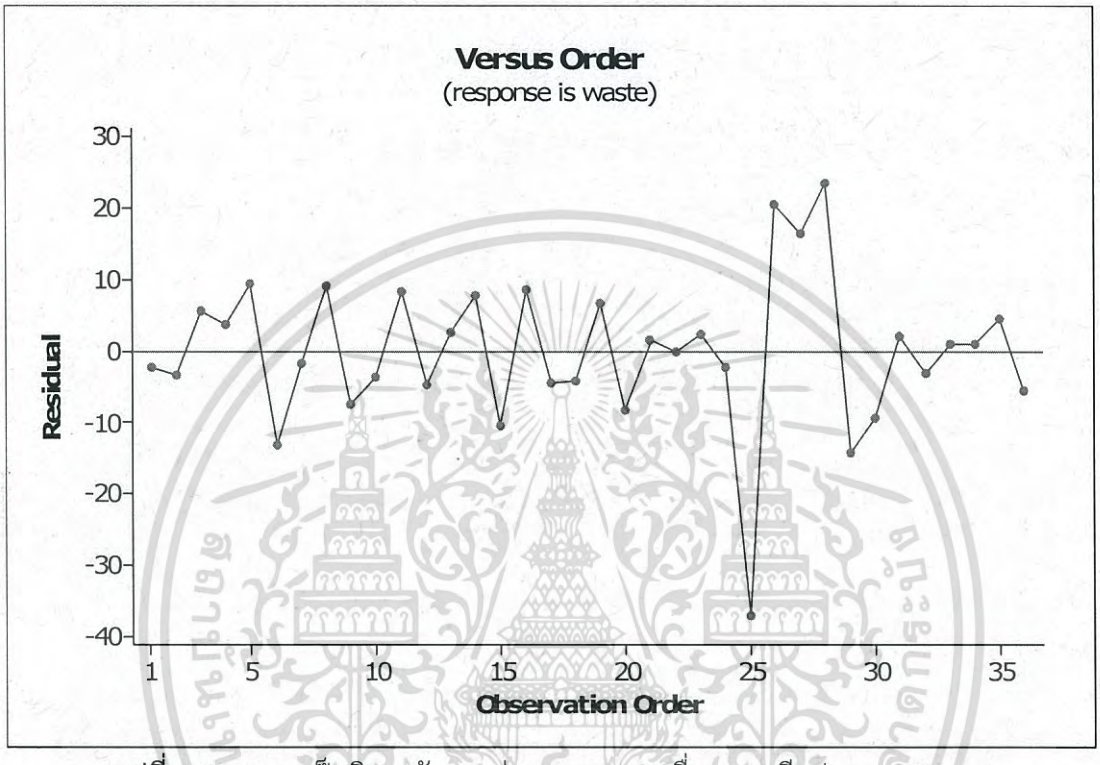
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมมุติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

พิจารณาค่า p-value = 0.486 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน



รูปที่ 4.18 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภท Recycle

4.3.1.4 การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ ของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภท ติดตะแกรง

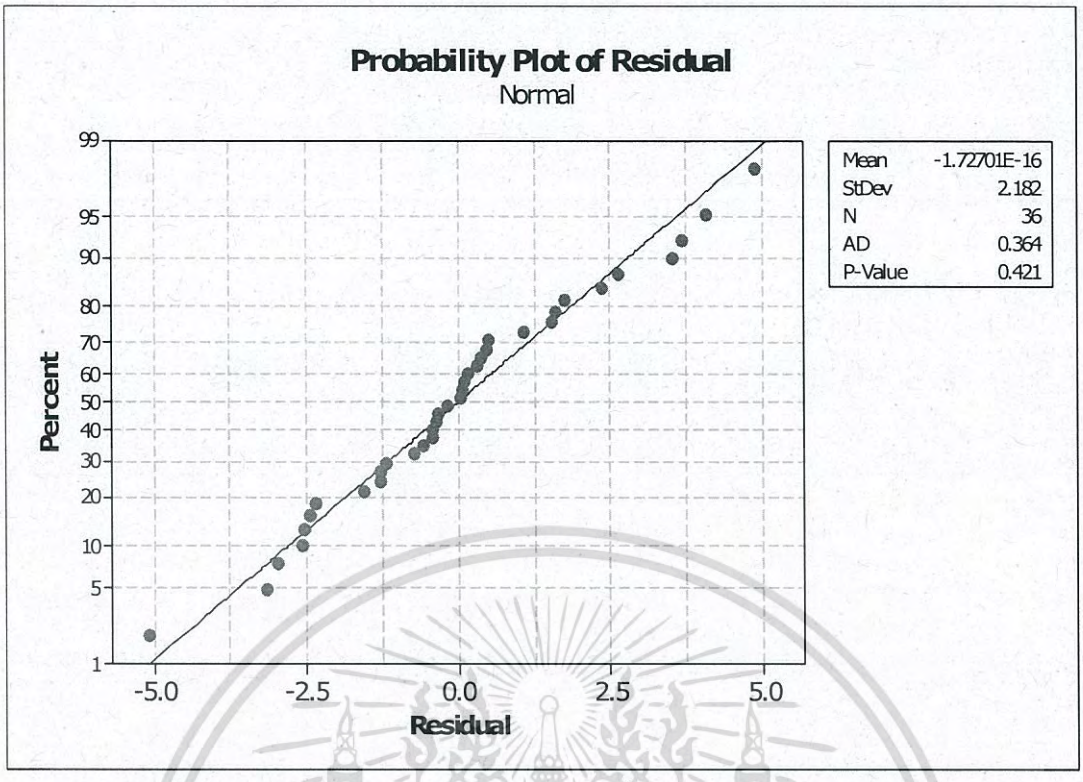
สมมุติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

พิจารณาสถิติทดสอบ Anderson-Darling ได้ค่าสถิติ Anderson-Darling test = 0.404 และ p-value = 0.337 ซึ่งมีค่า มากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 4.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

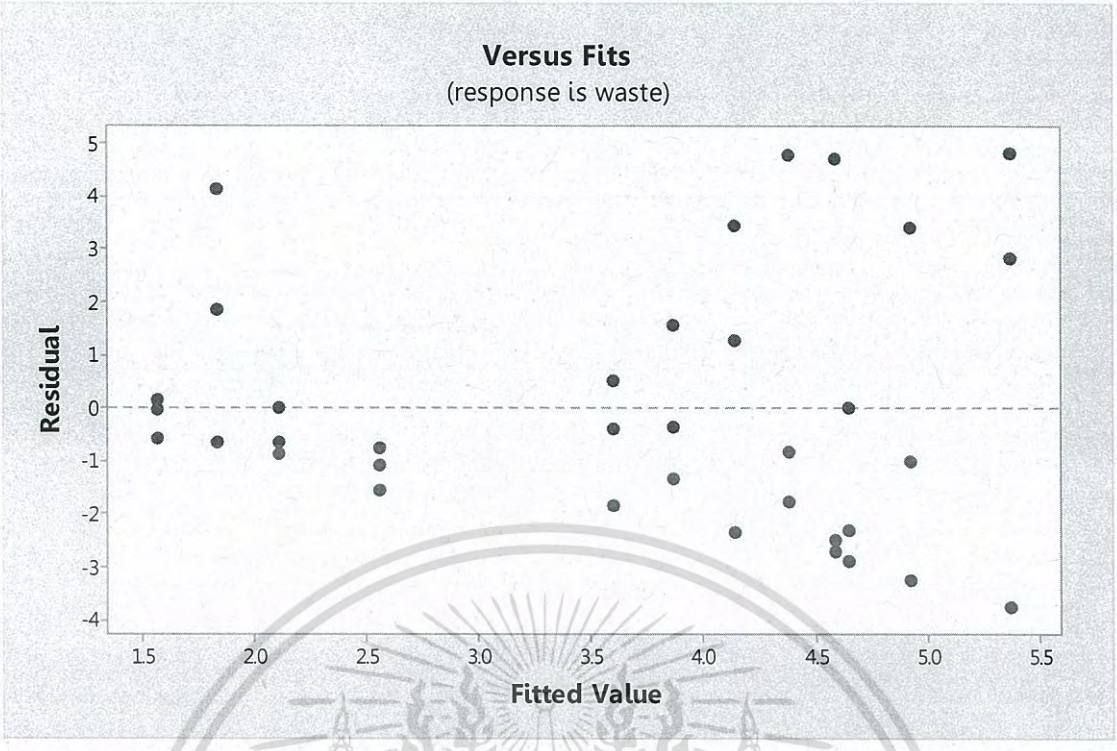


รูปที่ 4.19 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทติดตะแกรง

4.3.1.5 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภท ติดตะแกรง

จากการพิจารณาแผนภาพแสดงการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าของตัวแปรตอบสนอง (Fitted Value) เพื่อตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน พบว่าค่าความแปรปรวนมีลักษณะไม่มีรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 4.20 จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภทติดตะแกรง

4.3.1.6 ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภทติดตะแกรง

การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน สามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิการกระจาย ดังรูปที่ 4.21 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิพบว่าการกระจายตัวของ ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีรูปแบบที่เป็นอิสระกัน (Independent) หรือพิจารณาจากตัวสถิติ run-test (MINITAB) ได้ผลลัพธ์ดังนี้

Runs above and below K = -1.72701E-16

The observed number or runs = 24

The expected number of runs = 19

18 observations above K, 18 below P-value = 0.091

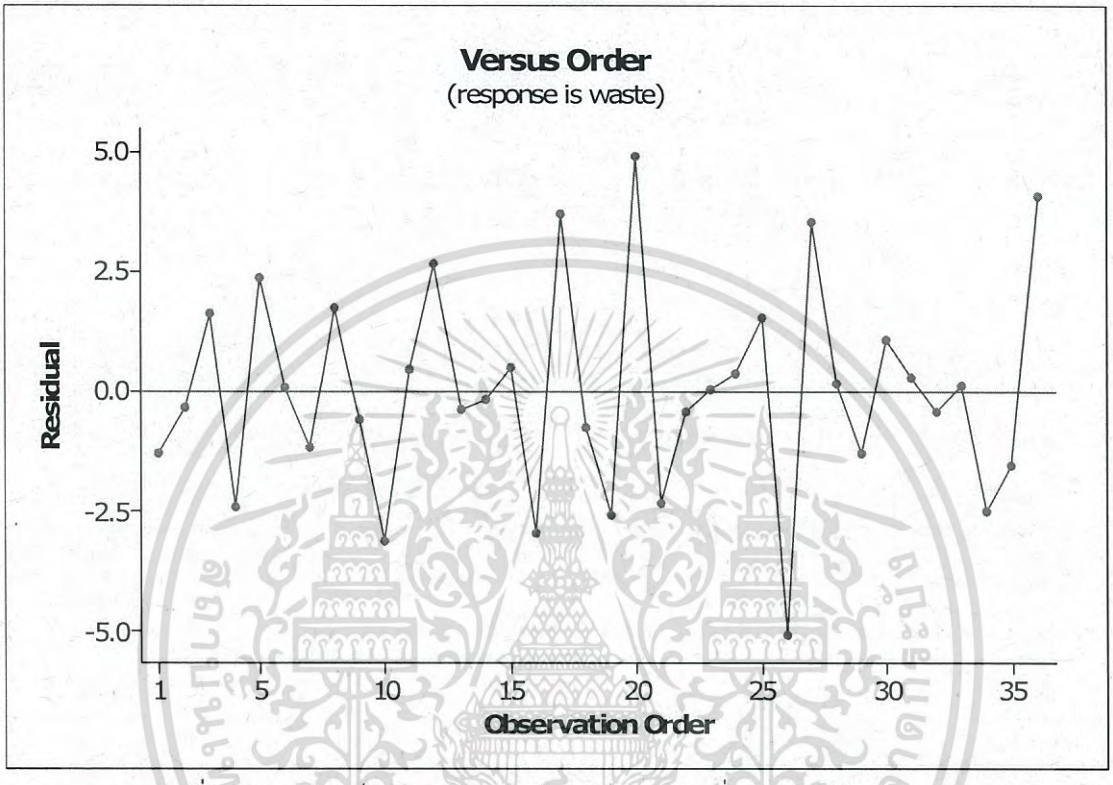
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมมุติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

พิจารณาค่า p-value = 0.091 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน



รูปที่ 4.21 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทติดตะแกรง

4.3.1.7 การตรวจสอบเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียทั้งหมด

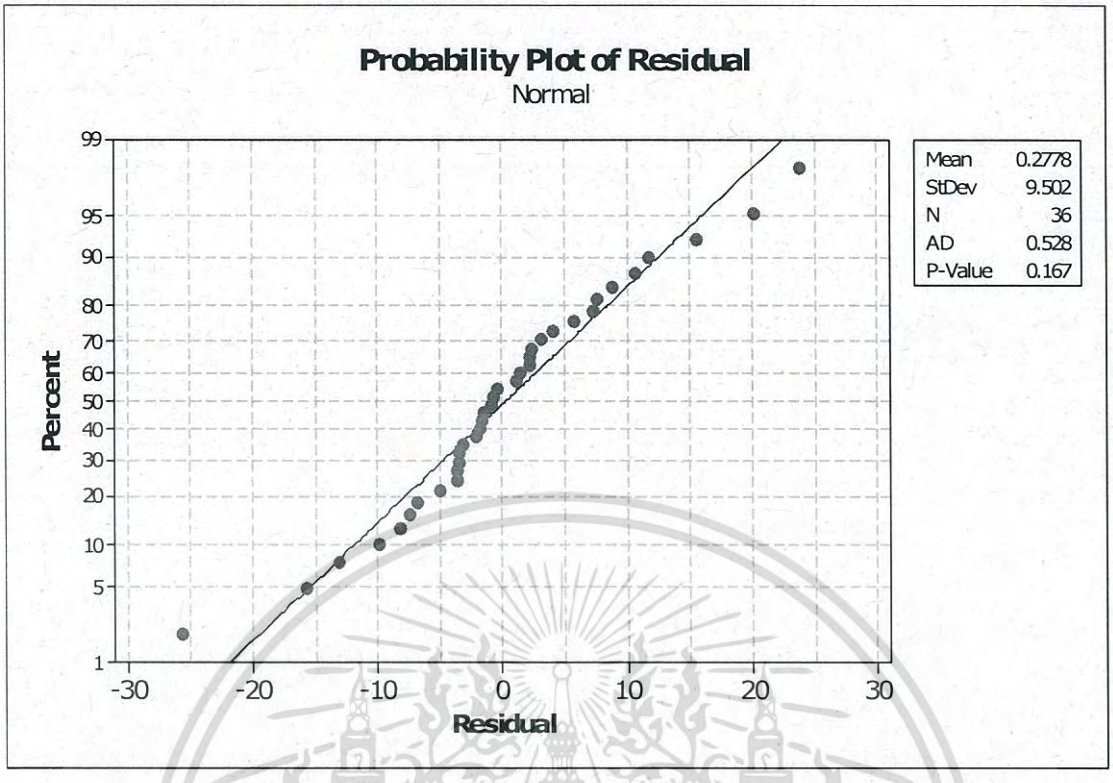
สมมุติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีการแจกแจงปกติ

พิจารณาตัวสถิติ Anderson-Darling เนื่องจาก ค่าสถิติ Anderson-Darling test = 0.627 และ p-value=0.167 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ดังรูปที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

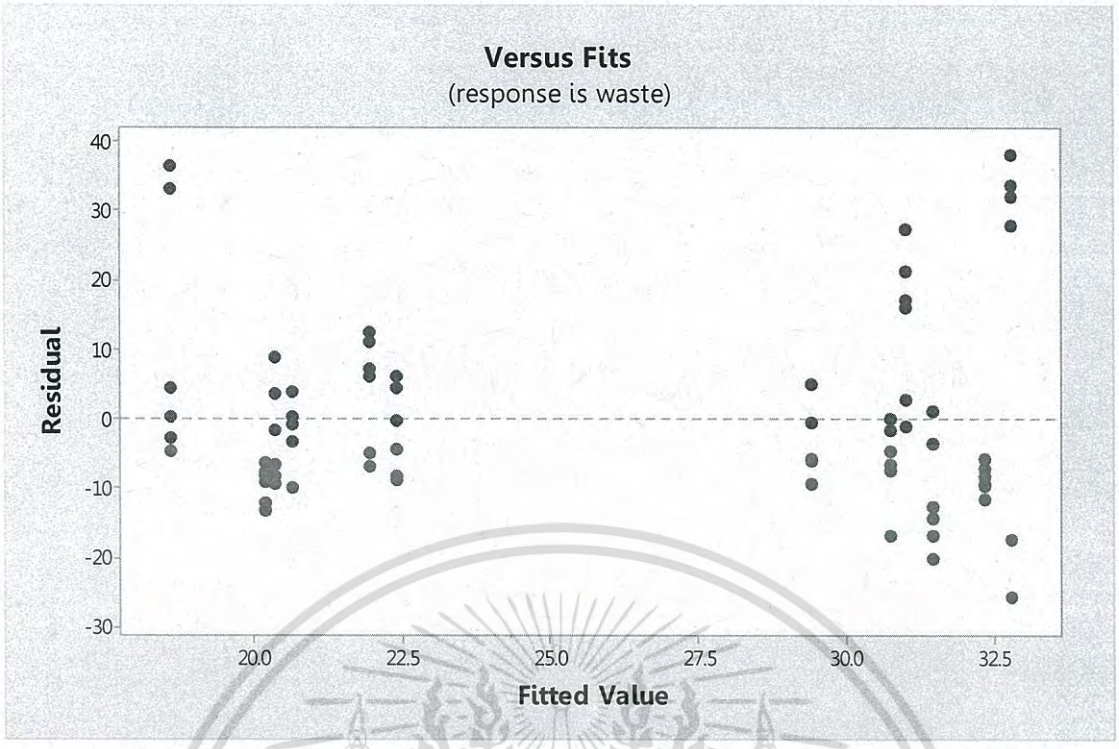


รูปที่ 4.22 การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

4.3.1.8 ตรวจสอบเอกภาพของความแปรปรวน ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด

จากการพิจารณาแผนภาพแสดงการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่าของตัวแปรตอบสนองที่ (Fitted Value) เพื่อตรวจสอบความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน พบว่าค่าความแปรปรวนมีลักษณะไม่มีรูปร่างคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.23 จึงสรุปได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีความเป็นเอกภาพของความแปรปรวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับค่า Fitted value ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

4.3.1.9 ทดสอบความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อน ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความคลาดเคลื่อน สามารถพิจารณาได้จากแผนภูมิการกระจาย ดังรูปที่ 4.24 เมื่อพิจารณาการกระจายของข้อมูลบนแผนภูมิพบว่าการกระจายตัวของ ค่าความคลาดเคลื่อนไม่มีรูปแบบที่แน่นอน แสดงให้เห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีรูปแบบที่เป็นอิสระกัน (Independent) หรือพิจารณาจากตัวสถิติ run-test ได้ผลลัพธ์ดังนี้

Runs above and below K = -6.90805E-16

The observed number or runs = 23

The expected number of runs = 18.7778

16 observations above K, 20 below P-value = 0.148

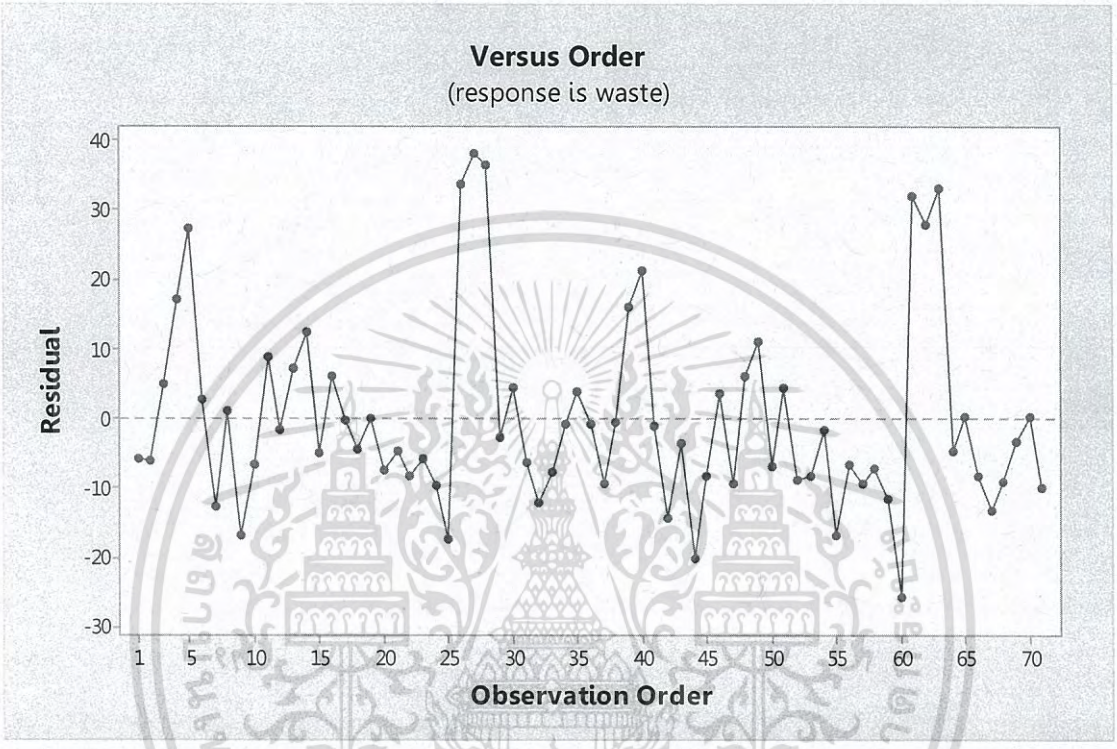
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมมติฐาน

H_0 : ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน

H_a : ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระกัน

พิจารณาค่า p-value = 0.148 ซึ่งมีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 แสดงว่าค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน



รูปที่ 4.24 ความเป็นอิสระกันของค่าความคลาดเคลื่อนของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติ 3x4 แฟคทอเรียล

4.3.2.1 ผลการการวิเคราะห์ 3x4 แฟคทอเรียล ของเครื่องจักรและวัตถุดิบของเสียประเภท Recycle

สมมุติฐาน

H_0 : $(\tau\beta)_{ij} = 0$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3,4$

H_a : $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ $(\tau\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

พบว่าเครื่องจักรและวัตถุดิบมีค่า F_{cal} = 2.583 และ p-value = 0.045 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า เครื่องจักรและวัตถุดิบมีอิทธิพลร่วมต่อของเสียประเภท Recycle อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4.7

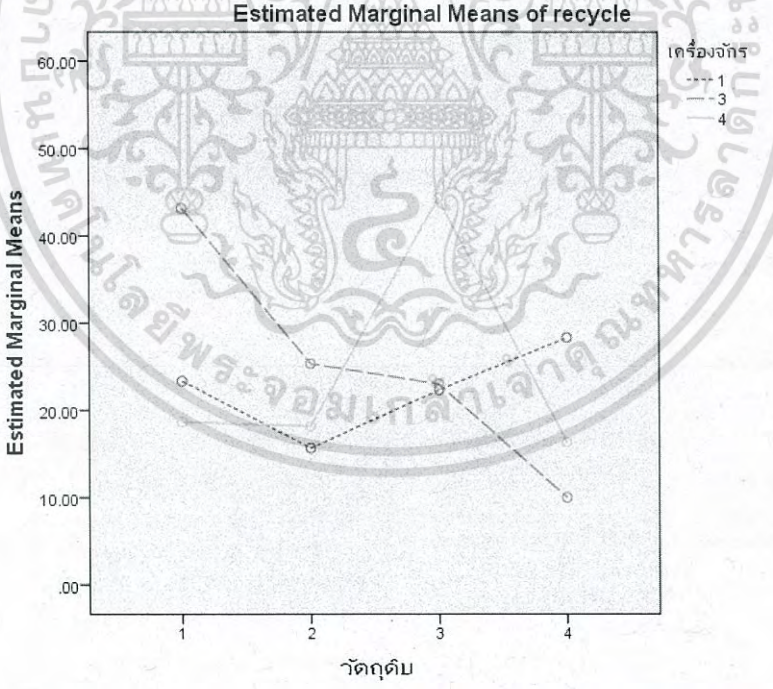
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน ของเสียประเภท Recycle

Source	Sum Of Squares	d.f.	Mean Square	F	p-value
Machine	54.386	2	27.193	0.164	0.850
Material	951.200	3	317.067	1.909	0.155
Machine*Material	2573.571	6	428.928	2.583	0.045*
Error	3985.631	24	166.068		
Corrected Total	7564.788	35			

หมายเหตุ * มีอิทธิพลร่วมที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.25 พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทรีทเมนต์ ทั้ง 4 เส้นไม่ขนานกัน แสดงว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเครื่องจักรและวัตถุดิบ และยังสามารถบอกได้ว่า วัตถุดิบชนิดที่ 4 เครื่องจักรที่ 3 ให้ปริมาณของเสียประเภท Recycle น้อยที่สุด เมื่อพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเครื่องจักรและวัตถุดิบ จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในแต่ละระดับปัจจัยว่า ถ้าปัจจัยหนึ่งคงที่อีกปัจจัยหนึ่งจะเป็นอย่างไร โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test ได้ผลดังตารางที่ 4.8 – 4.10



รูปที่ 4.25 ประเภท Recycle : วัตถุดิบกับเครื่องจักรเกิดอิทธิพลร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 1 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{12}$	$\bar{Y}_{13}$	$\bar{Y}_{11}$	$\bar{Y}_{14}$
$\bar{Y}_{12} = 15.667$	0	6.666	7.666	12.666
$\bar{Y}_{13} = 22.333$		0	1.000	6.000
$\bar{Y}_{11} = 23.333$			0	5.000
$\bar{Y}_{14} = 28.333$				0

จากตารางที่ 4.8 ที่เครื่องจักร 1 สรุปได้ว่า วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 3 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{34}$	$\bar{Y}_{33}$	$\bar{Y}_{32}$	$\bar{Y}_{31}$
$\bar{Y}_{34} = 10.000$	0	13.000	15.333*	33.167*
$\bar{Y}_{33} = 23.000$		0	2.333	20.167*
$\bar{Y}_{32} = 25.333$			0	17.834*
$\bar{Y}_{31} = 43.167$				0

หมายเหตุ * ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.9 ที่เครื่องจักร 3 สรุปได้ว่าวัตถุดิบชนิดที่ 1 ให้ของเสียแตกต่างจาก วัตถุดิบชนิดที่ 2 3 และ 4 และวัตถุดิบชนิด 2 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวัตถุดิบคู่อื่นๆ ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 4 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{44}$	$\bar{Y}_{42}$	$\bar{Y}_{41}$	$\bar{Y}_{43}$
$\bar{Y}_{44} = 16.333$	0	1.833	2.333	28.020
$\bar{Y}_{42} = 18.167$		0	0.50	26.186
$\bar{Y}_{41} = 18.667$			0	25.687
$\bar{Y}_{43} = 44.353$				0

จากตารางที่ 4.10 ที่เครื่องจักร 4 สรุปได้ว่า วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3.2.2 ผลการการวิเคราะห์โดยสถิติ 3x4 แฟคทอเรียล ของเครื่องจักรและวัตถุดิบของเสียประเภท ติดตะแกรง

สมมุติฐาน

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3,4$

$H_a : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ $(\tau\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0 : (\tau)_i = 0$ โดยที่ $i = 1,2,3$

$H_a : (\tau)_i \neq 0$ สำหรับ $(\tau)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0 : (\beta)_j = 0$ โดยที่ $j = 1,2,3,4$

$H_a : (\beta)_j \neq 0$ สำหรับ $(\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

พบว่าเครื่องจักรและวัตถุดิบมีค่า F_{cal} = 0.800 และ p-value = 0.580 ซึ่งมากกว่าค่า α = 0.05 แสดงว่า เครื่องจักรและวัตถุดิบไม่มีอิทธิพลร่วมต่อจำนวนของเสียประเภทติดตะแกรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงมาพิจารณาในส่วนของวัตถุดิบมีค่า F_{cal} = 0.229 และ p-value = 0.875 ซึ่งมากกว่าค่า α = 0.05 แสดงว่า วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ปริมาณของเสียไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และเครื่องจักรมีค่า F_{cal} = 3.637 และ p-value = 0.042 ซึ่งน้อยกว่าค่า α = 0.05 แสดงว่า แต่ละเครื่องจักรนั้นให้ปริมาณของเสียแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4.11

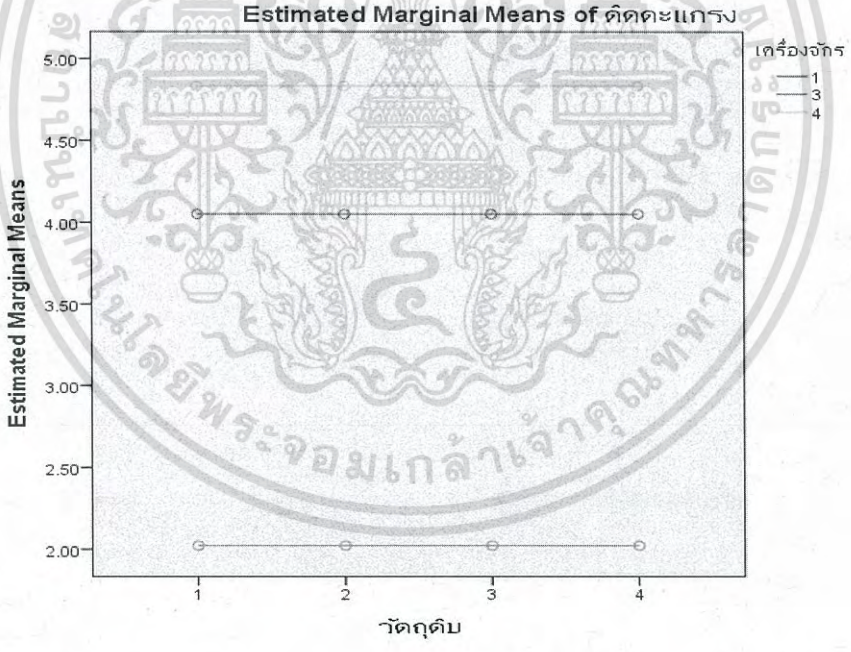
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ของเสียประเภท ติดตะแกรง

Source	Sum Of Squares	d.f.	Mean Square	F	p-value
Machine	50.517	2	25.259	3.637	0.042*
Material	4.765	3	1.588	0.229	0.875
Machine*Material	33.331	6	5.555	0.800	0.580
Error	166.686	24	6.945		
Corrected Total	255.299	35			

หมายเหตุ * ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.26 พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทรีทเมนต์ ทั้ง 4 เส้นขนานกัน แสดงว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเครื่องจักรและวัตถุดิบ และ จากการทดสอบค่า F พบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องให้ของเสียแตกต่างกัน จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน เพื่อหาว่าเครื่องจักรใดให้ของเสียแตกต่างกันบ้าง โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test ได้ผลดังตารางที่ 4.12



รูปที่ 4.26 ประเภทติดตะแกรง : วัตถุดิบกับเครื่องจักรไม่เกิดอิทธิพลร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรทุกคู่ทรีทเมนต์ โดยวิธีของ Duncan 'New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์		
	$\bar{Y}_3$	$\bar{Y}_1$	$\bar{Y}_4$
$\bar{Y}_3 = 2.022$	0	2.029	0.779*
$\bar{Y}_1 = 4.051$		0	2.808
$\bar{Y}_4 = 4.830$			0

หมายเหตุ * ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.12 สรุปได้ว่า เครื่องจักรที่ 3 ให้ของเสียแตกต่างจากเครื่องจักรที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนเครื่องจักรคู่อื่นๆ ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.3.2.3 ผลการการวิเคราะห์โดยสถิติ 3x4 แฟคทอเรียล ของ เครื่องจักรและวัตถุดิบ ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด

สมมุติฐาน

$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0$ โดยที่ $i \neq j$ และ $i = 1,2,3 \quad j = 1,2,3,4$

$H_a : (\tau\beta)_{ij} \neq 0$ สำหรับ $(\tau\beta)_{ij}$ อย่างน้อย 1 ค่า

พบว่าเครื่องจักรและวัตถุดิบมีค่า $F_{cal} = 3.121$ และ P-Value = 0.021 ซึ่งน้อยกว่าค่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่า เครื่องจักรและวัตถุดิบมีอิทธิพลต่อจำนวนของเสียประเภทของเสียทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางที่ 4.13

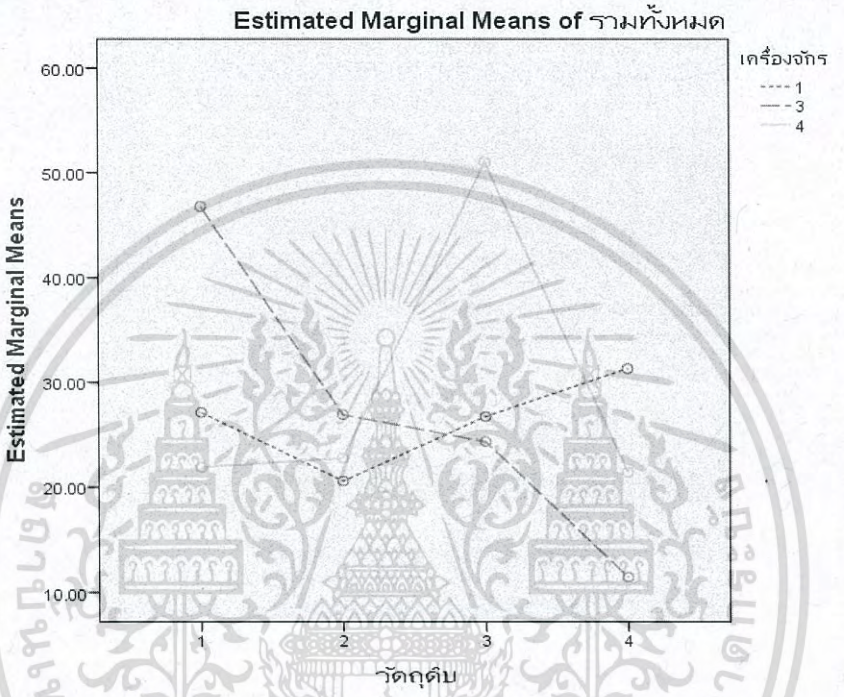
ตารางที่ 4.13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ของเสียทั้งหมด

Source	Sum Of Squares	d.f.	Mean Square	F	p-value
Machine	49.964	2	24.982	0.159	0.854
Material	1042.836	3	347.612	2.210	0.113
Machine*Material	2945.861	6	490.977	3.121	0.021*
Error	3775.738	24	157.322		
Corrected Total	7814.398	35			

หมายเหตุ * อิทธิพลร่วมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.27 พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มทรีทเมนต์ ทั้ง 4 เส้นไม่ขนานกัน แสดงว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเครื่องจักรและวัตถุดิบ ซึ่งสามารถบอกได้ว่า วัตถุดิบชนิดที่ 4 เครื่องจักรที่ 3 ให้ปริมาณของเสียทั้งหมดน้อยที่สุด เมื่อพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเครื่องจักรและวัตถุดิบ จึงทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนในแต่ละระดับปัจจัยว่า ถ้าปัจจัยหนึ่งคงที่อีกปัจจัยหนึ่งจะเป็นอย่างไร โดยวิธีของ Duncan'New Multiple Range Test ได้ผลดังตารางที่ 4.14 - 4.16



รูปที่ 4.27 ประเภทของเสียทั้งหมด : วัตถุดิบกับเครื่องจักรเกิดอิทธิพลร่วม

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 1 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan'New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{12}$	$\bar{Y}_{13}$	$\bar{Y}_{11}$	$\bar{Y}_{14}$
$\bar{Y}_{12} = 20.600$	0	6.1633	6.5467	10.76
$\bar{Y}_{13} = 26.763$		0	0.383	4.597
$\bar{Y}_{11} = 27.147$			0	4.213
$\bar{Y}_{14} = 31.360$				0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.14 ที่เครื่องจักร 1 สรุปได้ว่า วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 3 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan'New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{34}$	$\bar{Y}_{33}$	$\bar{Y}_{32}$	$\bar{Y}_{31}$
$\bar{Y}_{34} = 11.443$	0	12.910	15.503*	35.357*
$\bar{Y}_{33} = 24.353$		0	2.593	22.447*
$\bar{Y}_{32} = 26.947$			0	19.853*
$\bar{Y}_{31} = 46.800$				0

หมายเหตุ * ทรีทเมนต์มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

จากตารางที่ 4.15 ที่เครื่องจักร 3 สรุปได้ว่า วัตถุดิบชนิดที่ 1 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 2 3 และ 4 และวัตถุดิบชนิด 2 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และวัตถุดิบคู่อื่นๆ ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทุกคู่ทรีทเมนต์ที่เครื่องจักรที่ 4 กับวัตถุดิบทุกชนิด โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test

ค่าเฉลี่ยทรีทเมนต์	ความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์			
	$\bar{Y}_{44}$	$\bar{Y}_{41}$	$\bar{Y}_{42}$	$\bar{Y}_{43}$
$\bar{Y}_{44} = 21.450$	0	0.457	1.347	29.567
$\bar{Y}_{41} = 21.910$		0	0.890	29.110
$\bar{Y}_{42} = 22.800$			0	28.220
$\bar{Y}_{43} = 51.020$				0

จากตารางที่ 4.16 ที่เครื่องจักร 4 สรุปได้ว่า วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเสียหลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

ผลการทดสอบการวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial พบว่า เครื่องจักรกับวัตถุดิบมีอิทธิพลร่วมกัน ในของเสียประเภท Recycle และของเสียทั้งหมดและเมื่อทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนได้ผลว่า เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 2 3 4 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในของเสียทั้งสองประเภท ดังนั้นผู้วิจัยได้นำผลเหล่านี้ไปทดลองจริงโดยเลือกทดสอบที่เครื่องจักรที่ 3 กับวัตถุดิบชนิดที่ 4 เพราะว่าวัตถุดิบชนิดที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียออกมาน้อยที่สุด ผู้วิจัยทดลองโดยควบคุมให้เครื่องจักรที่ 3 ใช้แต่วัตถุดิบที่ 4 เพียงอย่างเดียวเท่านั้นในแต่ละวัน เพื่อนำค่าเฉลี่ยมาเทียบกับการทดลองในครั้งแรก คือการที่ เครื่องจักรที่ 3 ใส่วัตถุดิบทุกชนิดในแต่ละวัน เพื่อสังเกตว่าให้ของเสียลดลงจริงหรือไม่ และนำข้อมูลทั้งสองกลุ่มนั้นมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำหนักโดยวิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มไม่อิสระ (Paired t-test)

4.4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มไม่อิสระ ของเสียประเภท Recycle เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 4

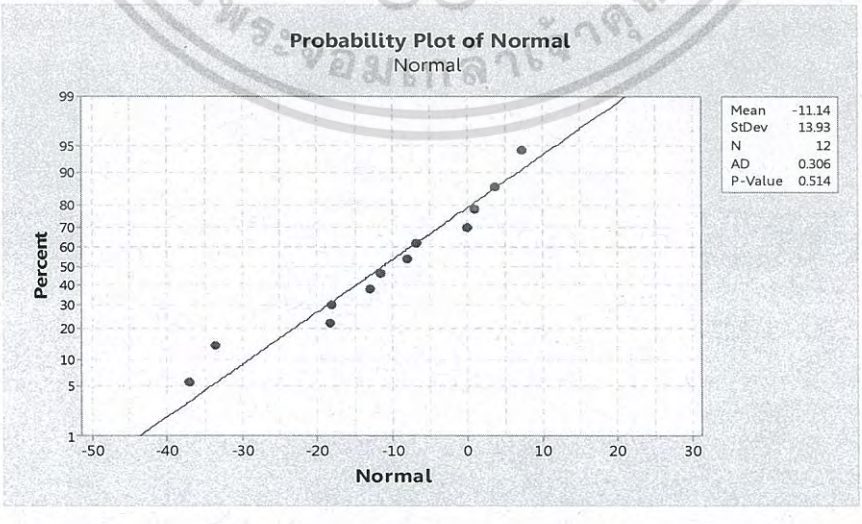
สมมุติฐาน

$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_a : \mu_d > 0$$

ทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม ประชากรต้องมีการแจกแจงปกติ โดยนำค่าเฉลี่ยผลต่างทั้ง 2 กลุ่มไปทดสอบโดยใช้สถิติ Anderson–Darling พบว่า ค่า p–value = 0.514 มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4.28



รูปที่ 4.28 การแจกแจงปกติของค่าเฉลี่ยผลต่างวัตถุดิบทุกชนิดกับวัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท Recycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (S.E.Mean) ของปริมาณของเสีย (กิโลกรัม) จำแนกตามวัตถุดิบ

กลุ่ม	n	Mean	S.E.Mean
วัตถุดิบทุกชนิด	12	25.38	4.03
วัตถุดิบชนิดที่ 4	12	14.23	0.29

ที่เครื่องจักรที่ 3 ใช้วัตถุดิบทุกชนิด ให้ปริมาณของเสียเฉลี่ยเท่ากับ 25.38 กิโลกรัม ส่วนวัตถุดิบชนิดที่ 4 ให้ปริมาณของเสียเฉลี่ยเท่ากัน 14.23 กิโลกรัม และจากการทดลองจริงสามารถลดของเสียได้ถึงร้อยละ 43.98

ตารางที่ 4.18 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม ของเสียประเภท Recycle โดยวิธี Paired t-test

กลุ่ม	t	p-value
วัตถุดิบทุกชนิด	2.77	0.009
วัตถุดิบชนิดที่ 4		

ผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่า p-value = 0.009 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ สรุปได้ว่าที่เครื่องจักร 3 วัตถุดิบทุกชนิดให้ของเสียมากกว่าวัตถุดิบชนิดที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

4.4.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยประชากร 2 กลุ่มไม่อิสระของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบชนิดที่ 4

สมมุติฐาน

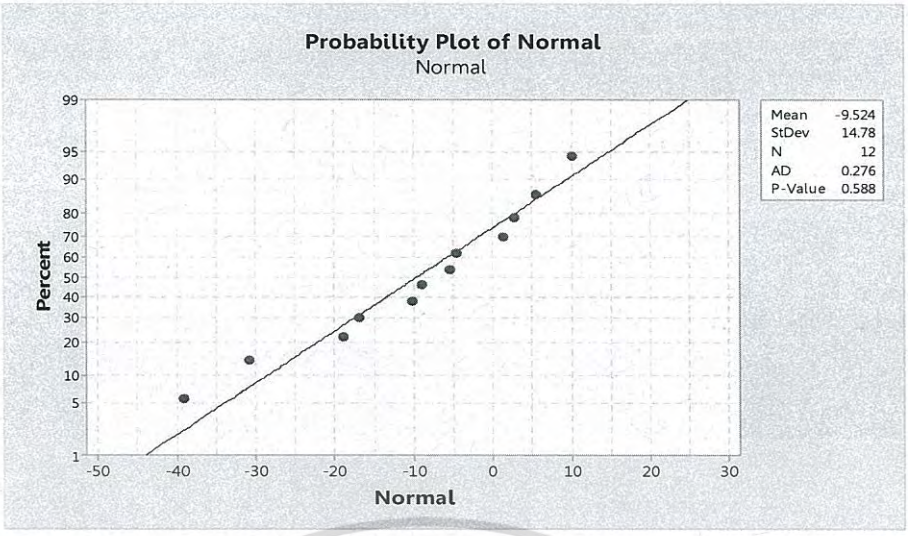
$$H_0 : \mu_d = 0$$

$$H_a : \mu_d > 0$$

ทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้น

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม ประชากรต้องมีการแจกแจงปกติ โดยนำค่าเฉลี่ยผลต่างของ 2 กลุ่มไปทดสอบโดยใช้สถิติ Anderson–Darling พบว่า ค่า p–value = 0.588 มีค่ามากกว่า $\alpha = 0.05$ แสดงว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังรูปที่ 4.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 การแจกแจงปกติของค่าเฉลี่ยผลต่างวัตถุดิบทุกชนิดกับวัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด

ตารางที่ 4.19 ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (S.E.Mean) ของปริมาณของเสีย (กิโลกรัม) จำแนกตามวัตถุดิบ

กลุ่ม	n	Mean	S.E.Mean
วัตถุดิบทุกชนิด	12	27.39	4.28
วัตถุดิบชนิดที่ 4	12	17.86	0.35

ที่เครื่องจักรที่ 3 ใช้วัตถุดิบทุกชนิด ให้ปริมาณของเสียเฉลี่ยเท่ากับ 27.39 กิโลกรัม ส่วนวัตถุดิบชนิดที่ 4 ให้ปริมาณของเสียเฉลี่ยเท่ากัน 17.86 กิโลกรัม และจากการทดลองจริงสามารถลดของเสียได้ถึงร้อยละ 40.31

ตารางที่ 4.20 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่ม ของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด โดยวิธี Paired t-test

กลุ่ม	t	p-value
วัตถุดิบทุกชนิด	2.23	0.024
วัตถุดิบชนิดที่ 4		

ผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 4.17 พบว่าค่า p-value = 0.024 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า $\alpha = 0.05$ สรุปได้ว่าที่เครื่องจักร 3 วัตถุดิบทุกชนิดให้ของเสียมากกว่าวัตถุดิบชนิดที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสาเหตุและปัจจัยของการเกิดของเสียและหาแนวทางในการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกและศึกษาว่าเครื่องจักรและวัตถุดิบมีส่วนร่วมในการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกของ บริษัท ดี.ซี. แอล พลาสติก จำกัด จากข้อมูลในกระบวนการผลิตที่ได้นำมาวิเคราะห์มี 2 ส่วน คือ จำนวนวัตถุดิบที่ใส่ลงในกระบวนการผลิต และ จำนวนของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยจะเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2559 แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย แผนผังพาเรโต แผนผังก้างปลา การทดลองแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย และวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม MINITAB version 16 และ SPSS version 22

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย

5.1.1.1 การควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกประเภท Recycle

การศึกษาแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกทั้ง 3 เดือน พบว่า ของเสียประเภท Recycle ประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2558 พบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้มากที่สุด ส่วนของเสียประจำเดือนธันวาคม พ.ศ.2558 และเดือนมกราคม พ.ศ.2559 มีลักษณะที่ควบคุมไม่ได้เพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นในการควบคุมกระบวนการผลิตควรมีการสังเกตลักษณะการควบคุมเป็นประจำ เพื่อไม่ให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้น

5.1.1.2 การควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกประเภทติดตะแกรง

การศึกษาแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียของการผลิตเม็ดพลาสติกทั้ง 3 เดือน พบว่า ของเสียประเภทติดตะแกรงประจำเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 พบลักษณะที่ควบคุมไม่ได้มากที่สุด ส่วนของเสียประจำเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 และเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 มีลักษณะที่ควบคุมไม่ได้เพียงเล็กน้อย เพราะฉะนั้นในการควบคุมกระบวนการผลิตควรมีการสังเกตลักษณะการควบคุมเป็นประจำ เพื่อไม่ให้เกิดของเสียเพิ่มมากขึ้น

เนื่องจากทุกเดือน ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเกิดของเสียในลักษณะที่ควบคุมไม่ได้ เพราะฉะนั้นต้องแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดมากที่สุด ควรเลือกแก้ไขในกระบวนการหลอมและกระบวนการอัดรีด เพื่อลดของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกเพราะเป็นกระบวนการที่เก็บมาเพื่อวิเคราะห์ผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 แผนผังพาเรโต

ผลการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต น้ำหนักของเสียที่เกิดในเดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ.2559 ให้ผลการวิเคราะห์เหมือนกันคือ น้ำหนักของเสียที่เกิดมากที่สุดคือของเสียประเภท Recycle ส่วนน้ำหนักของเสียที่พบรองลงมา คือ ของเสียประเภทติดตะแกรง ซึ่งสาเหตุของการเกิดของเสียพิจารณาได้จากแผนผังก้างปลา คือ อาจเกิดจากการที่คนงานตัดและเดินสายเส้นพลาสติกช้า และน้ำที่แช่เม็ดพลาสติกที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับสิ่งที่กล่าวมาข้างต้น

5.1.3 แผนผังก้างปลา

จากการวิเคราะห์แผนผังก้างปลา ในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติกพบว่า ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาของเสียประเภท Recycle และ ติดตะแกรง มี 3 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1. คนงาน เนื่องมาจากความเหนื่อยล้าจากการทำงาน เพราะคนงาน 1คนที่ประจำเครื่องหลอมมีหลายหน้าที่ที่จะต้องทำ นอกจากนี้ประสบการณ์ในการทำงานทำให้ความชำนาญแตกต่างกัน และคนงานขาดการสื่อสารในกระบวนการผลิตจากผู้ควบคุมงาน

2. วัตถุดิบ เนื่องมาจากในการรับซื้อวัตถุดิบในการผลิตเม็ดพลาสติกมาจากหลากหลายพื้นที่ทำให้วัตถุดิบที่นำมาผลิตมีความแตกต่างกัน คุณสมบัติแตกต่างกัน เมื่อทำการบดโม่และหลอมวัตถุดิบจะต้องมารวมกัน และต่างจุดหลอมเหลวกันอาจทำให้เกิดของเสียได้

3. เครื่องจักร เนื่องมาจากเครื่องจักรที่ทำการผลิตมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และเป็นเครื่องจักรมือสอง ประสิทธิภาพของเครื่องจักรอาจลดลง และ ขั้นตอนการทำพลาสติกให้แข็งตัวนั้นอุณหภูมิน้ำที่ใช้อาจสูงมากเกินไปทำให้พลาสติกแข็งตัวได้ช้า

เมื่อทราบถึงสาเหตุของการเกิดของเสียจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้อย่างตรงจุด และผู้วิจัยได้นำสาเหตุหรือปัจจัยที่เกิดของเสียมาวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design คือ เครื่องจักร และ วัตถุดิบ แบ่งเป็นของเสีย 3 ประเภท คือ ของเสียประเภท Recycle ติดตะแกรง และ ของเสียทั้งหมด ก่อนที่จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลได้ทำการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของค่าความคลาดเคลื่อนและพบว่าเป็นไปตามข้อกำหนดหมดทั้ง3 ข้อ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนมีเอกภาพของความแปรปรวน ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระกัน ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์ตาราง ANOVA สรุปผลการวิเคราะห์ดังนี้

5.1.4 การวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design

5.1.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของเครื่องจักรและ วัตถุดิบ ของเสียประเภท Recycle

ในการวิเคราะห์ตารางความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า เครื่องจักรและวัตถุดิบ มีอิทธิพลร่วมต่อจำนวนของเสียประเภท Recycle และทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test ได้ผลสรุปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เครื่องจักรที่ 1 : วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิดให้ของเสียไม่แตกต่างกัน
- เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบชนิดที่ 1 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 2 3 และ 4
- เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบชนิดที่ 2 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 4
- เครื่องจักรที่ 4 : วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกัน

และในการคำนวณค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรกับวัตถุดิบ พบว่า เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียน้อยที่สุด เท่ากับ 10 กิโลกรัม และ เครื่องจักรที่ 4 วัตถุดิบที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียมากที่สุด เท่ากับ 44.353 กิโลกรัม (ภาคผนวก ตารางที่ 16ก)

5.1.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของเครื่องจักร และ วัตถุดิบ ของเสียประเภท ติดตะแกรง

ในการวิเคราะห์ตารางความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า เครื่องจักร มีอิทธิพลต่อจำนวนของเสียประเภท ติดตะแกรง และทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยวิธีของ Duncan'New Multiple Range Test พบว่า

- เครื่องจักรที่ 3 และ เครื่องจักรที่ 4 ให้ของเสีย แตกต่างกัน

และในการคำนวณค่าเฉลี่ยในแต่ละเครื่องจักรพบว่า เครื่องจักรที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียน้อยที่สุด เท่ากับ 2.022 กิโลกรัม และ เครื่องจักที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียมากที่สุด เท่ากับ 4.83 กิโลกรัม (ภาคผนวก ตารางที่ 17ก)

5.1.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 3x4 Factorial Design ของเครื่องจักรและ วัตถุดิบ ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

ในการวิเคราะห์ตารางความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า เครื่องจักร และวัตถุดิบ มีอิทธิพลร่วมต่อจำนวนของเสียประเภทของเสียทั้งหมด และทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยวิธีของ Duncan' New Multiple Range Test พบว่า

- เครื่องจักรที่ 1 : วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกัน
- เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบชนิดที่ 1 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 2 3 และ 4
- เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบชนิดที่ 2 ให้ของเสียแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดที่ 4
- เครื่องจักรที่ 4 : วัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ให้ของเสียไม่แตกต่างกัน

และในการคำนวณค่าเฉลี่ยของเครื่องจักรกับวัตถุดิบ พบว่า เครื่องจักรที่ 3 วัตถุดิบที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียน้อยที่สุด เท่ากับ 11.443 กิโลกรัม และ เครื่องจักรที่ 4 วัตถุดิบที่ 3 ให้ค่าเฉลี่ยของเสียมากที่สุดเท่ากับ 51.02 กิโลกรัม (ภาคผนวก ตารางที่ 18ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเสียหลังจากปรับปรุงกระบวนการ

5.1.5.1 เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบทุกชนิด กับ วัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภท Recycle

พบว่า วัตถุดิบทุกชนิดให้ค่าเฉลี่ยปริมาณของเสียมากกว่าวัตถุดิบชนิดที่4 นอกจากนี้เมื่อใช้วัตถุดิบชนิดที่ 4 เพียงอย่างเดียวทำให้ของเสียลดลงถึงร้อยละ 43.98

5.1.5.2 เครื่องจักรที่ 3 : วัตถุดิบทุกชนิด กับวัตถุดิบชนิดที่ 4 ของเสียประเภทของเสียทั้งหมด

พบว่า วัตถุดิบทุกชนิดให้ค่าเฉลี่ยปริมาณของเสียมากกว่าวัตถุดิบชนิดที่4 นอกจากนี้เมื่อใช้วัตถุดิบชนิดที่ 4 เพียงอย่างเดียวทำให้ของเสียลดลงถึงร้อยละ 40.31

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ดังนี้

1. มีจุดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนในแผนผังการควบคุมสัดส่วนทั้งสามเดือน ควรมีการปรับแก้ตามสาเหตุที่วิเคราะห์ในแผนผังก้างปลาซึ่งแบ่งแยกของเสียในแต่ละประเภท เพื่อไม่ให้มีของเสียเกิดขึ้นในเดือนถัดๆ ไป และควรปรับแก้ในขั้นตอนการหลอมและขั้นตอนการอัดรีด

2. สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดของเสียเกิดมาจาก เครื่องจักร ทางโรงงานควรมีการตรวจสอบการใช้งานของเครื่องจักรสม่ำเสมอ เช่น การควบคุมอุณภูมิให้พอเหมาะในการหลอมเหลว การบำรุงรักษา การเปลี่ยนแปลงระบบไหลวนน้ำเพื่อทำให้พลาสติกเหลวแข็งตัว เป็นต้น

3. ในขั้นตอนของการอัดรีด คนงานมีการตัดเส้นพลาสติกสั้นยาวไม่เท่ากัน ควรกำหนดความยาวให้เท่าๆ กันเพื่อลดจำนวนของเสีย และคนงานบางคนตัดเส้นพลาสติกช้าเกินไป ทำให้ของเสียออกมามากเกินเหตุจำเป็น

4. จากผลการทดลองบอกได้ว่าเครื่องจักรที่ 3 ให้ของเสียประเภท ติดตะแกรง ออกมาน้อยที่สุด และเครื่องจักรที่ 3 กับ วัตถุดิบที่ 4 ให้ของเสียประเภท Recycle และ ของเสียทั้งหมด ออกมาน้อยที่สุด เพราะฉะนั้น เครื่องจักรอื่นๆ ควรมีการบำรุงรักษา หรือ ทำให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าเครื่องจักรที่ 3

5. ควรควบคุมวัตถุดิบให้ตรงกับเครื่องจักรที่ได้จากผลวิเคราะห์เพราะช่วยลดของเสียที่ได้ในกระบวนการผลิต

6. ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดเพื่อปรับเปลี่ยนการผสมกันของวัตถุดิบที่จะสามารถทำให้ของเสียลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชนกนันท์ บางเลี้ยง. **การใช้ตะกอนประปาในงานคอนกรีตสำเร็จรูป.** เข้าถึงได้จาก: http://www.dbresearch.rmutt.ac.th/search_detaildb.php?id=1258033&k=647474d4s274x2, 2558

ชูใจ คูหารัตนไชย. **เอกสารประกอบคำสอนวิชาสถิติควบคุมคุณภาพ.** ภาควิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.

พัชราพร มาตอำพรและคณะ. **การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สเปรย์ระงับกลิ่นของบริษัท ไซเบอร์แพค จำกัด.** ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552

บรรหาญ ลีลา. **แผนผังพาเรโตของความสูญเปล่าแยกตามประเภทของปัญหา.** เข้าถึงได้จาก: http://www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie/images/IE-Network-Archives/2011/Start.html, 2554

ปริญญา คูณมี. **การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของการใช้ตะกรันเหล็กเป็นส่วนผสมในการผลิตคอนกรีต.** ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ,มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554

นภสิทธิ์ วิสัยกรม. **สมบัติทางกายภาพของโพลิสไตรีน.** เข้าถึงได้จาก: http://118.174.133.140/resource_center12/Admin/acrobat/v_4_sc_ch_748.pdf, 2553

นพวรรณ พรพิมาน. **การลดของเสียในโรงงานผลิตถุงพลาสติกด้วยการออกแบบการทดลอง,** ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553

มนธิชา ขุนณิชย์และคณะ. **การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ชุดชั้นในของบริษัท เอสบอดี้แวนร์ จำกัด.** ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552

วราพร เหลือสินทรัพย์. **การวางแผนการทดลอง.** พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2555

แผนภูมิควบคุมคุณภาพ. เข้าถึงได้จาก: https://qcclass.wordpress.com/, 2555

รดามณี อิทธิพรมและสมฤทัย ดัชนีย์. **การลดของเสียในการผลิตขวดพลาสติกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำดื่ม.**ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาริสา คุณธนวงศ์. **การรีไซเคิลที่บ่งบอกถึงชนิดของพลาสติก.** เข้าถึงได้จาก: https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-question-answer, 2556

สุจิตรา สุคนธมัต. **เอกสารประกอบการสอนโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ 1.** ภาควิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.

สายชล สินสมบูณ์ทอง. **การวางแผนการทดลอง เล่ม 1.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: จามจุรีโปรดักส์, 2558

เสาวนิตย์ จันทนโรจน์. **การประยุกต์แบบจำลองโซ่อุปทานเพื่อ การประเมินสมรรถนะของโซ่อุปทานในอุตสาหกรรม.** ปัญหาพิเศษ, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยหอการค้า, 2553

โสภิดา ท้วมมี. **การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตพลาสติกแผ่น โดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก.** ปัญหาพิเศษ, ภาควิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550

ศุภชัย นาทะพันธ์. **แผนผังพาเรโต.** เข้าถึงได้จาก: www.eg.mahidol.ac.th/dept/egie-bachelor, 2553

อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์. **แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในกรณีที่ขนาดตัวอย่างกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน.** เข้าถึงได้จาก: www.siamedunews.com, 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2558

ครั้งที่	วันที่	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติก (n)	จำนวนของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต (np)	ลักษณะของเสีย		หมายเหตุ
				Recycle	ติดตะแกรง	
1	1	2,925	71	15	55	
2	4	7,925	235	179	52	
3	5	6,600	338	256	77	
4	6	6,750	225	176	43	
5	7	6,575	230	216	57	
6	8	6,825	173	114	51	
7	9	6,925	367	297	61	
8	10	6,975	507	425	72	
9	11	7,700	453	300	142	
10	12	10,175	439	312	115	
11	13	9,875	652	479	160	
12	14	5,800	463	385	164	
13	15	4,725	409	293	101	
14	18	9,550	295	237	40	
15	19	7,075	358	281	58	
16	20	7,300	313	227	66	
17	21	9,175	513	401	91	
18	22	8,925	590	444	124	
19	23	8,625	452	312	117	
20	24	10,650	657	495	138	
21	25	3,975	627	478	124	
22	26	6,925	513	403	84	
23	27	12,775	758	569	162	
24	28	11,575	748	562	158	
25	29	3,800	406	281	96	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2558

ครั้งที่	วันที่	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติก (n)	จำนวนของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต (np)	ลักษณะของเสีย		หมายเหตุ
				Recycle	ติดตะแกรง	
1	3	7150	190	67	64	
2	4	7750	176	70	67	
3	5	7450	212	132	84	
4	6	5225	145	133	105	
5	7	7850	179	121	55	
6	8	3975	226	113	79	
7	9	6975	283	159	85	
8	10	5400	211	120	90	
9	11	6800	233	145	95	
10	12	6300	230	139	93	
11	13	6525	233	122	70	
12	14	4550	170	135	39	
13	15	8650	315	187	83	
14	16	5000	270	167	97	
15	19	4225	274	107	158	
16	20	7700	240	207	104	
17	21	7200	200	112	73	
18	22	6475	201	132	70	
19	23	8325	170	143	99	
20	24	7950	193	152	91	
21	25	5875	157	77	57	
22	26	7450	225	123	49	
23	27	7825	231	178	110	
24	28	10425	145	46	85	
25	29	9225	256	156	106	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก ข้อมูลของเสียในกระบวนการผลิตเม็ดพลาสติก ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสียเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2559

ครั้งที่	วันที่	จำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเม็ดพลาสติก (n)	จำนวนของเสียทั้งหมดในกระบวนการผลิต (np)	ลักษณะของเสีย		หมายเหตุ
				Recycle	ติดตะแกรง	
1	1	7450	248	189	56	
2	3	7675	403	315	34	
3	4	8900	321	251	40	
4	5	6100	506	308	69	
5	6	4025	532	303	89	
6	7	6550	429	335	94	
7	8	6275	640	435	129	
8	9	9700	410	263	143	
9	10	3725	366	259	106	
10	13	1850	111	76	8	
11	14	6600	393	261	46	
12	15	7175	734	503	149	
13	16	4575	511	359	66	
14	17	6950	540	344	112	
15	18	6475	581	366	108	
16	19	7125	730	464	111	
17	20	5675	396	239	70	
18	21	8825	580	266	77	
19	22	9250	522	280	97	
20	23	6625	386	195	74	
21	24	3925	343	277	64	
22	25	5500	248	203	38	
23	26	7875	97	80	17	
24	27	2725	102	90	7	
25	28	8600	322	265	56	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 1ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	A	12	J	21
2	A	24	J	20
3	A	11	J	29
4				
5				

ตารางที่ 5ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 26 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	C	29	SB	52
2	C	14	SB	14
3	C	24	SB	19
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	A	28	J	30
2	A	33	J	47
3	A	15	J	52.5
4	A	32	J	22.5
5				

ตารางที่ 7ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	C	23	SB	12
2	C	25.25	SB	7
3	C	20.75	SB	11
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	A	26.8	SB	7.16
2	A	13.7	SB	65
3	A	15	SB	60.9
4	A	12.5	SB	28.92
5				

ตารางที่ 9ก ข้อมูลของเสียประเภท Recycle ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)	วัตถุดิบประเภท	น้ำหนักพลาสติกรีไซเคิล (กก.)
1	C	17.25	J	17
2	C	21	J	27.8
3	C	10.75	J	11.2
4	C	20		
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 1ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	A	2.53	J	4.12
2	A	5.42	J	1.75
3	A	3.49	J	3.21
4				
5				

ตาราง 11ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 1 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 26 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	C	1.86	SB	4.12
2	C	9.33	SB	1.75
3	C	2.10	SB	3.21
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	A	1.28	J	1.20
2	A	1.46	J	6
3	A	2.13	J	3.70
4				
5				

ตารางที่ 13ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 3 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	C	1	SB	1.73
2	C	1.26	SB	1.07
3	C	1.80	SB	1.53
4	C	1.74		
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 25 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	A	1.67	SB	2.60
2	A	8.33	SB	3.56
3	A	3.90	SB	9.20
4				
5				

ตารางที่ 15ก ข้อมูลของเสียประเภท ติดตะแกรง ของเครื่องจักรที่ 4 ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลของเสีย วันที่ 27 มกราคม 2559 ผู้ตรวจสอบ ผู้วิจัย และ คนงาน

รอบที่	8.00-20.00		20.00-8.00	
	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)	วัตถุดิบประเภท	ติดตะแกรง (กก.)
1	C	8.20	J	1.73
2	C	1.6	J	4.67
3	C	10.20	J	2.33
4				
5				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตารางแสดงค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเสีย

2.1 เฉลี่ยน้ำหนักของเสียประเภท Recycle

ตารางที่ 16ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภท Recycle

วัตถุดิบ	เครื่องจักร		
	1	3	4
1	23.33	43.17	18.67
2	15.67	25.33	18.17
3	22.33	23.00	44.35
4	28.33	10.00	16.33

2.2 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเสียประเภท ติดตะแกรง คิดเฉพาะ เครื่องจักร

ตารางที่ 17ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภท ติดตะแกรง

เครื่องจักร		
1	3	4
4.05	2.02	4.83

2.3 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเสียประเภท ของเสียทั้งหมด

ตารางที่ 18ก ค่าเฉลี่ยของเสียประเภทของเสียรวม

วัตถุดิบ	เครื่องจักร		
	1	3	4
1	27.15	46.80	21.91
2	20.60	26.95	22.80
3	26.76	24.53	51.02
4	31.36	11.44	21.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม MINITAB และ SPSS

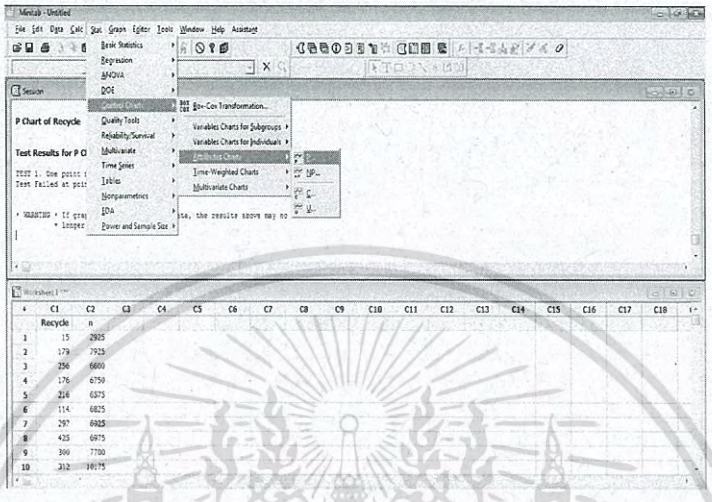
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ค่าต่างๆ โดยประมวลผลด้วยโปรแกรม MINITAB version 16

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย

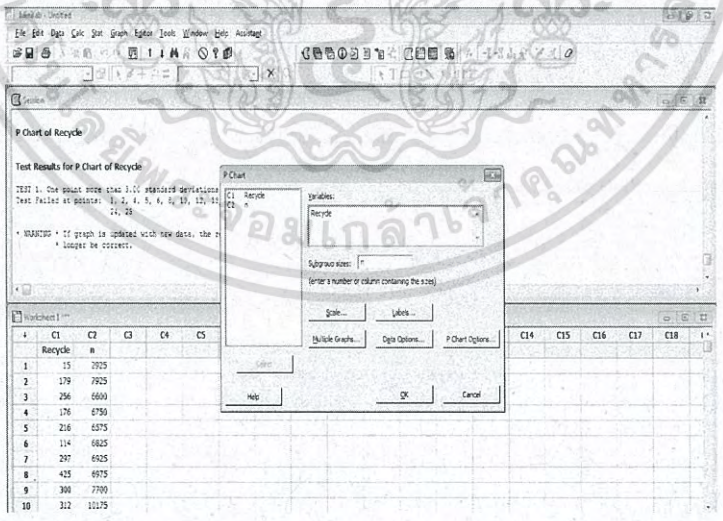
แสดงดังรูป 1ข

Stat ⟶ Control Charts ⟶ Attributes Charts ⟶ P...



รูปที่ 1ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-chart)

ทำการเลือกประเภทของเสียใน ช่อง variables และ เลือกจำนวน n ใส่ช่อง subgroup sizes กด ok ดังรูป 2ข



รูปที่ 2ข. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลใส่ในการวิเคราะห์แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-chart)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

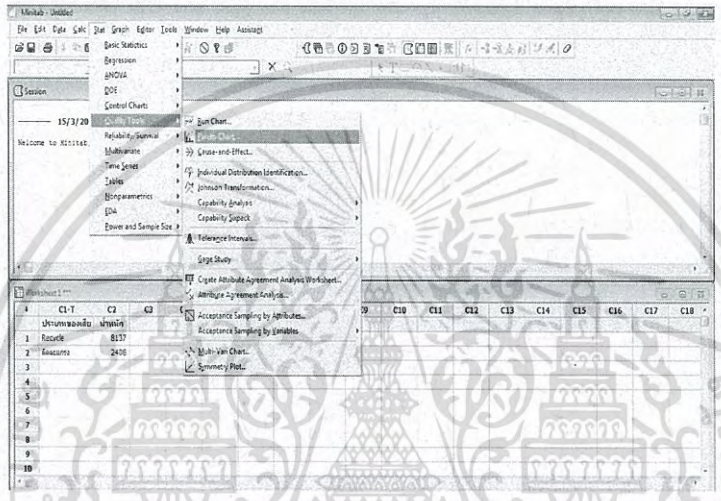
การวิเคราะห์ข้อมูลทางคุณภาพ โดยการประมวลผลด้วยคำสั่งนี้ จะแสดงการวิเคราะห์ในรูปแบบของแผนภูมิ คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P-chart) ซึ่งจะบอกให้ทราบค่า UCL, LCL และค่า $\overline{P}$ รวมไปถึงแสดงจุดที่ตกนอกเกณฑ์ที่กำหนดของแผนภูมิควบคุม

ซึ่งทั้ง 3 เดือนจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลไปในแนวทางเดียวกัน แต่จะเปลี่ยนแค่ประเภทของของเสีย เท่านั้น

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต้

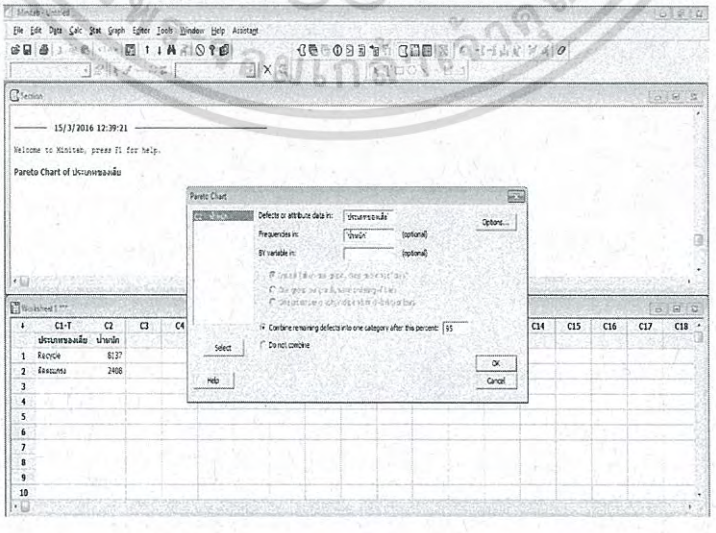
แสดงดังรูปที่ 3ข และ 4ข

Stat ⟶ Quality Tools ⟶ Pareto Chart



รูปที่ 3ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต้

ช่อง Defects or Attribute Data in ใส่ตัวแปรประเภทของเสียที่เกิด และ ช่อง Frequendes in ให้ใส่ตัวแปรค่าน้ำหนัก และ กด ok ดังรูป 4ข



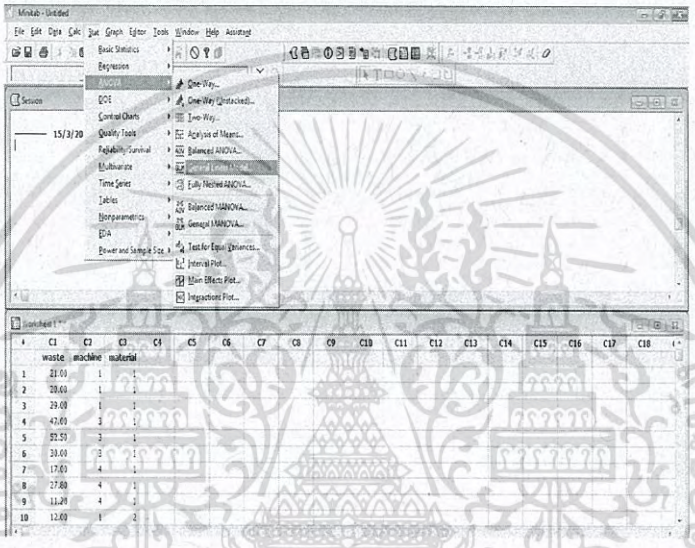
รูปที่ 4ข. แสดงขั้นตอนการนำข้อมูลใส่ในการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลทางคุณภาพ โดยการประมวลผลด้วยคำสั่งนี้ จะแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปของแผนผังพาเรโต คือแสดงเป็นกราฟเส้นแสดงถึงเปอร์เซ็นต์สะสมของจำนวนของเสียที่เกิดจากสาเหตุต่างๆ ในกระบวนการผลิต โดยสาเหตุที่เกิดมากที่สุดจะอยู่เป็นอันดับแรก ซึ่งทั้ง 3 ประเภทจะมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลไปในแนวทางเดียวกัน

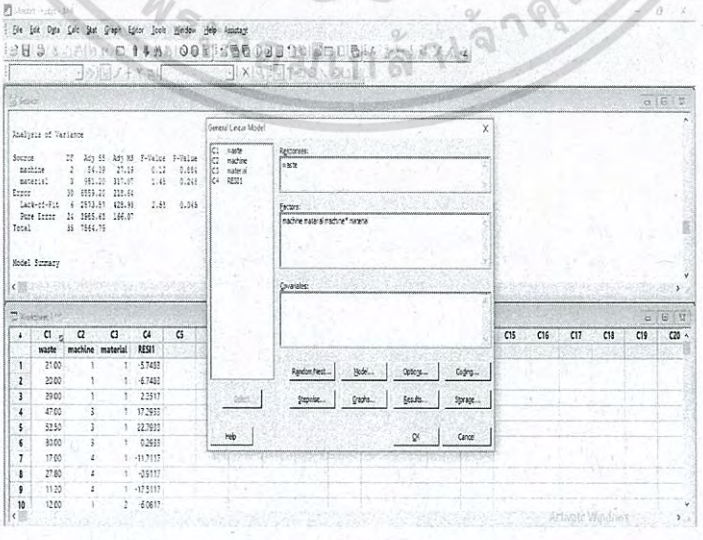
3. ขั้นตอนการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design แสดงดังรูปที่ 5ข และ 6ข

Stat ⟶ ANOVA ⟶ General Linear Model



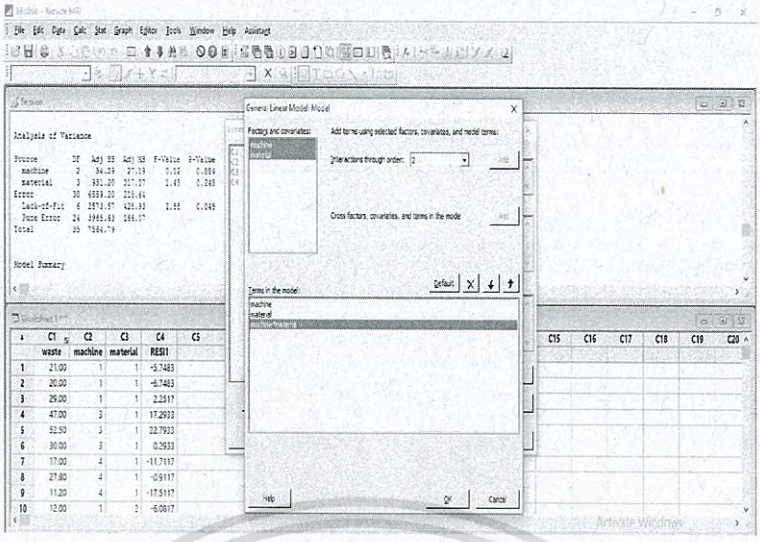
รูปที่ 5ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design

ช่อง Responses ใส่ค่าตัวแปร Y (น้ำหนักของเสีย) และ Factor ใส่ปัจจัยทั้งหมด ดังรูป ฉ. และกด model เพื่อกำหนดตัว โมเดล โดยใส่ ปัจจัยทั้งหมดใน terms in the model ดังรูป 6ข.



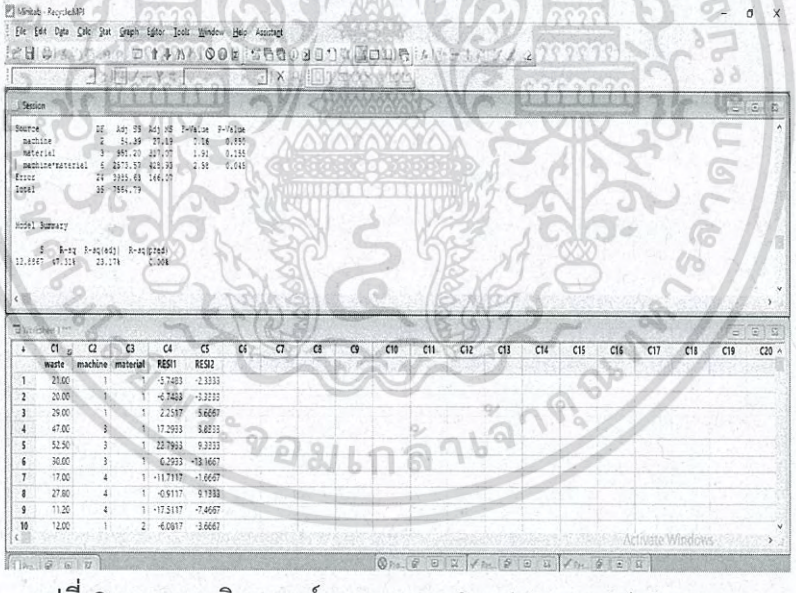
รูปที่ 6ข. แสดงขั้นตอนการใส่ข้อมูลในการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7ข. การกำหนดโมเดล

การแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การวางแผนการทดลอง 3x4 Factorial Design จะแสดงผลการวิเคราะห์ ตาราง ANOVA เพื่อหาอิทธิพลร่วมของเครื่องจักรและวัตถุดิบ ดังรูป 8ข.



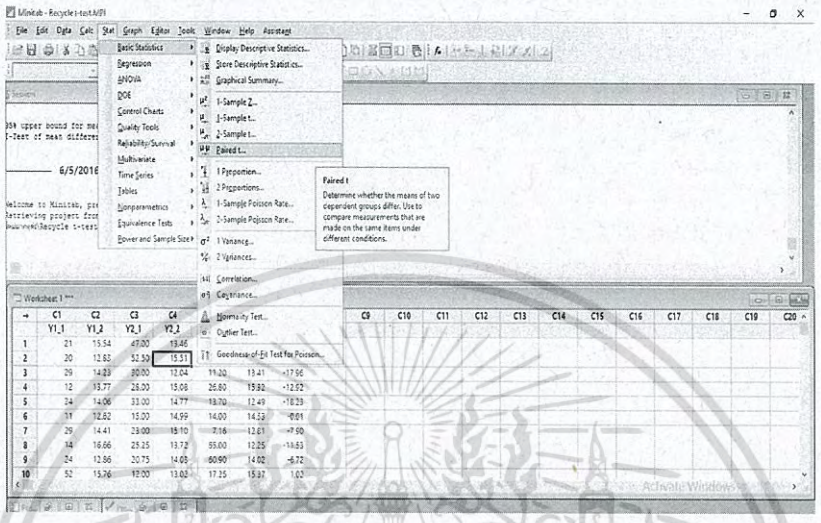
รูปที่ 8ข. ผลการวิเคราะห์การทดลอง 3 x 4 Factorial Design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ขั้นตอนการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ (Paired t-test)

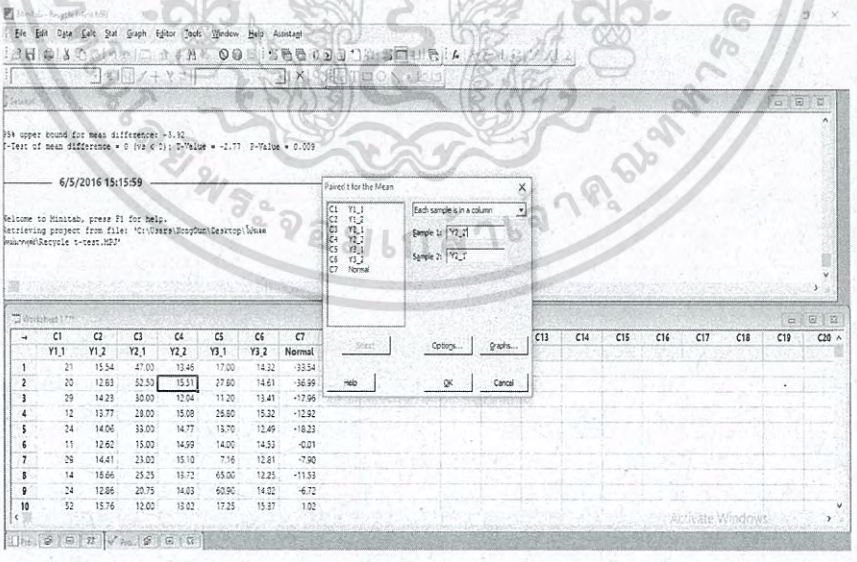
แสดงดังรูป 9ข

Stat ⟶ Basic Statistics ⟶ Paired t ...



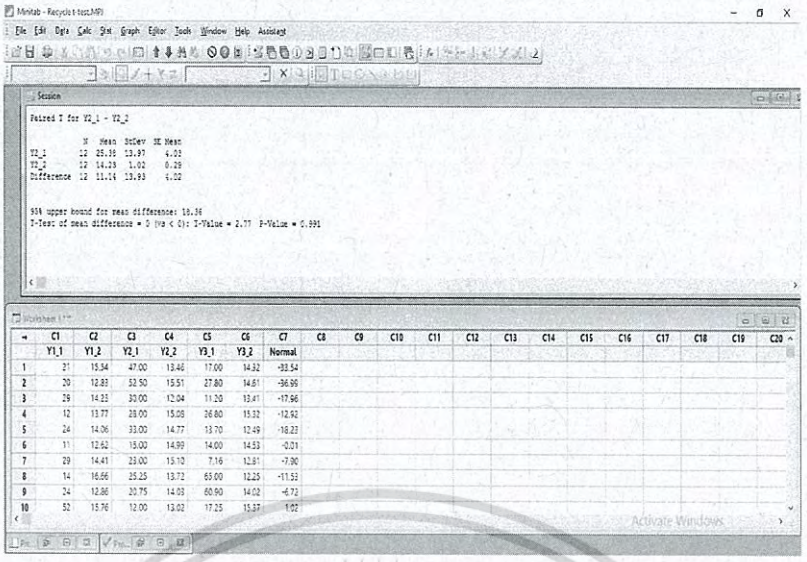
รูปที่ 9ข. แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ

ใส่ข้อมูลที่ต้องการจะเปรียบเทียบในช่อง sample 1 และ sample 2 และ กด ok ดังรูป 10ข. การแสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองกลุ่มนั้นจะให้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่ม และ แสดงค่าสถิติ t และค่า p-value ดังรูป 11ข.



รูปที่ 10ข. แสดงขั้นตอนการใส่ข้อมูลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

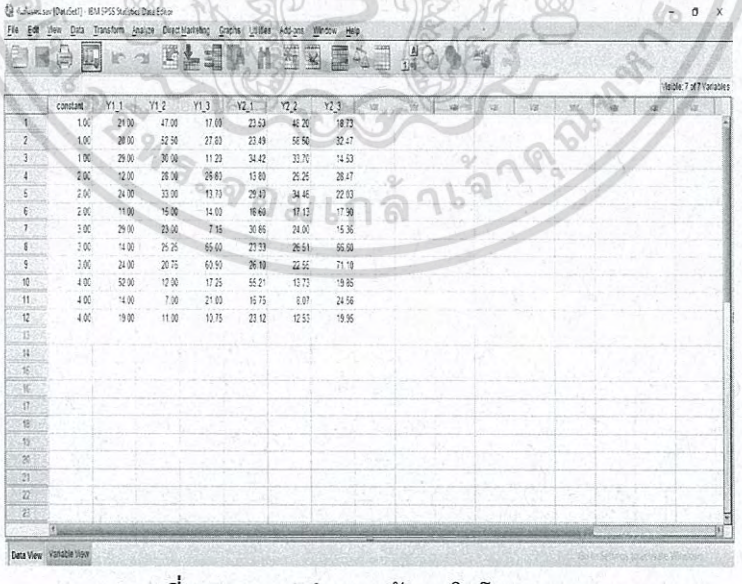


รูปที่ 11ข. แสดงผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มไม่อิสระ

การวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อน สถิติทดสอบดันแคน โดย โปรแกรม SPSS version 22

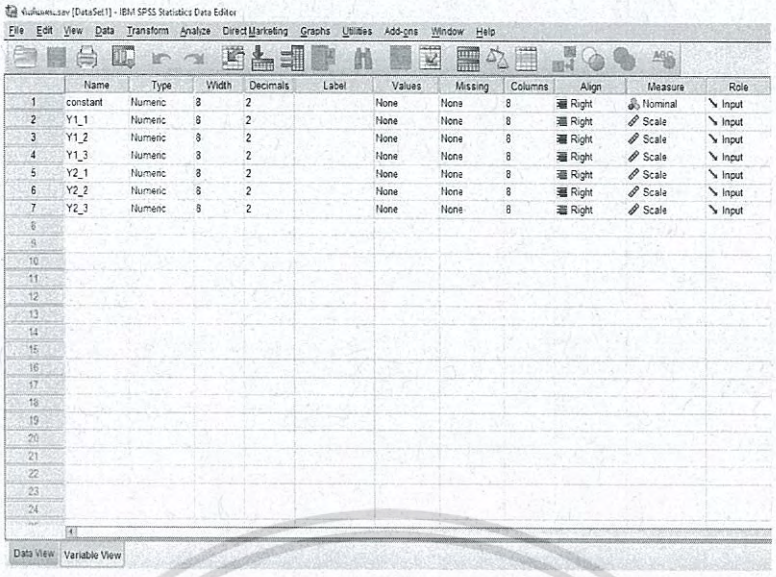
1. การวิเคราะห์สถิติทดสอบดันแคนโดยโปรแกรม SPSS version 22 ในของเสียทุกประเภท

ทำการใส่ข้อมูลวัตถุดิบทั้งหมดที่ต้องการเปรียบเทียบในแต่ละเครื่องจักร และกำหนดตัวแปรใช่ช่อง Variables View ให้ปัจจัยวัตถุดิบเป็น Nominal และ ค่า Y ทั้งหมดเป็น ratio แสดงดังรูป 12ข และ 13ข



รูปที่ 12ข. การกำหนดข้อมูลในโปรแกรม

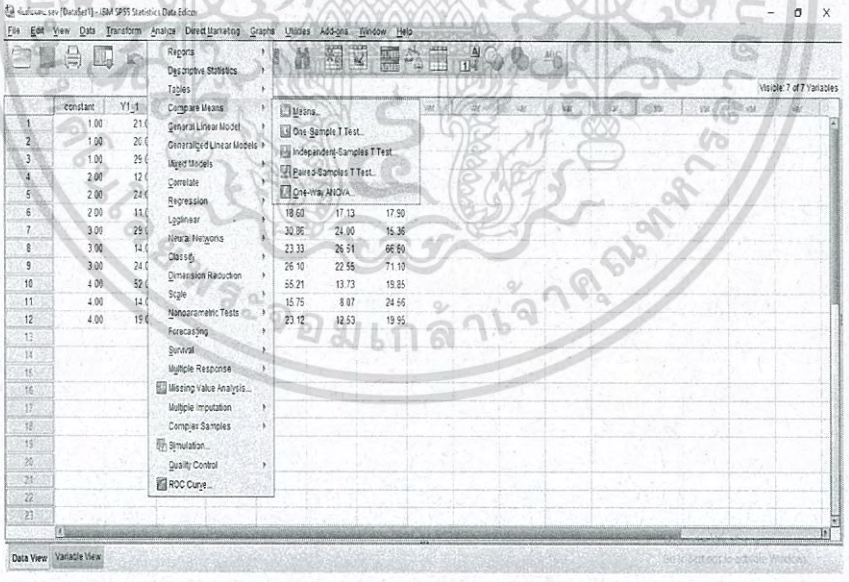
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13ข. การกำหนดค่าใน Variables View

Analyze → Compare Means → One-Way ANOVA

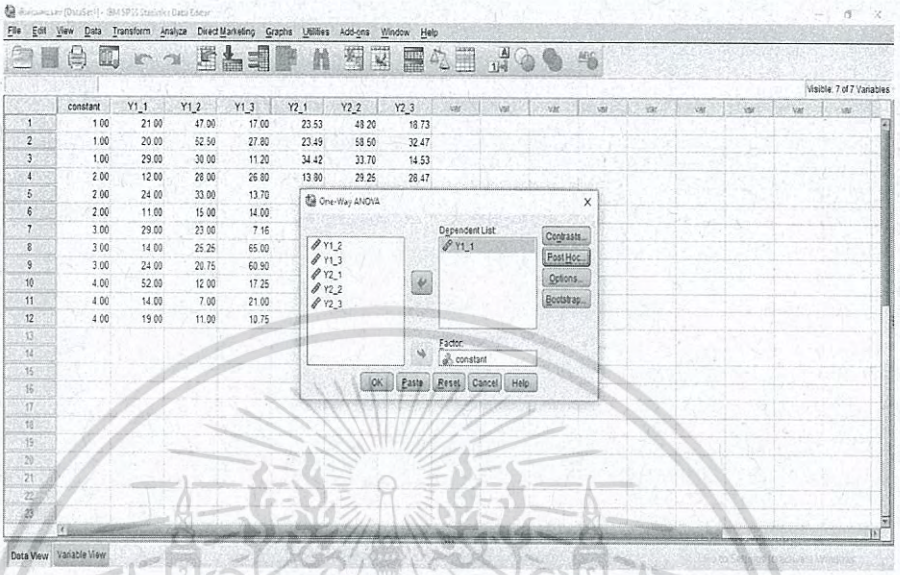
แสดงดังรูปที่ 14ข.



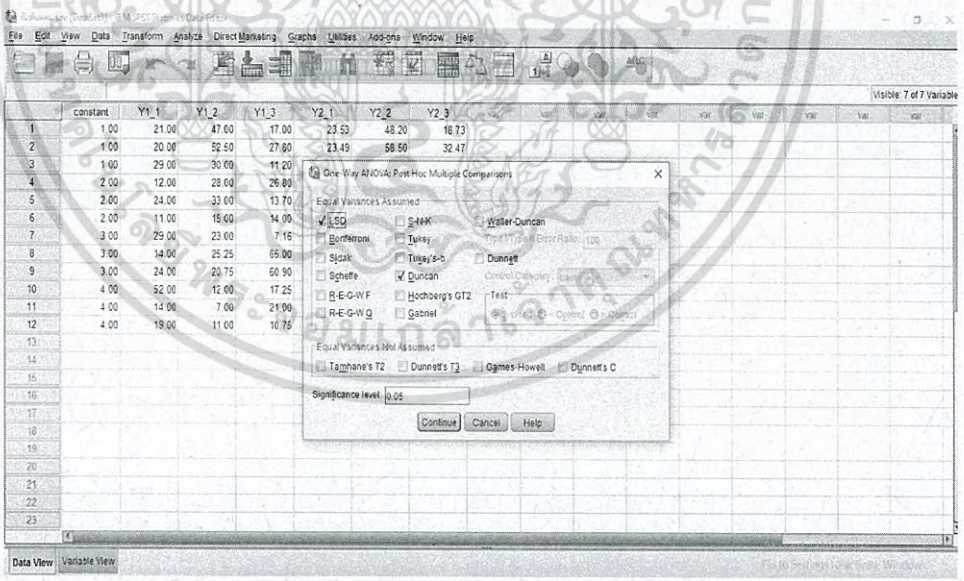
รูปที่ 14ข. วิธีการวิเคราะห์การเปรียบเทียบเชิงซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดค่า ช่อง Dependent list ใส่ค่า Y และ ช่อง Factor ใส่ตัวปัจจัย ดังรูป 15ข. และกดที่ Post Hoc เพื่อกำหนดค่าให้เป็นดันแคน ดังรูป 16ข. และ กด continue 0k จะแสดงผลลัพธ์ในรูปของตาราง Homogeneous Subsets ดังรูป 17ข.

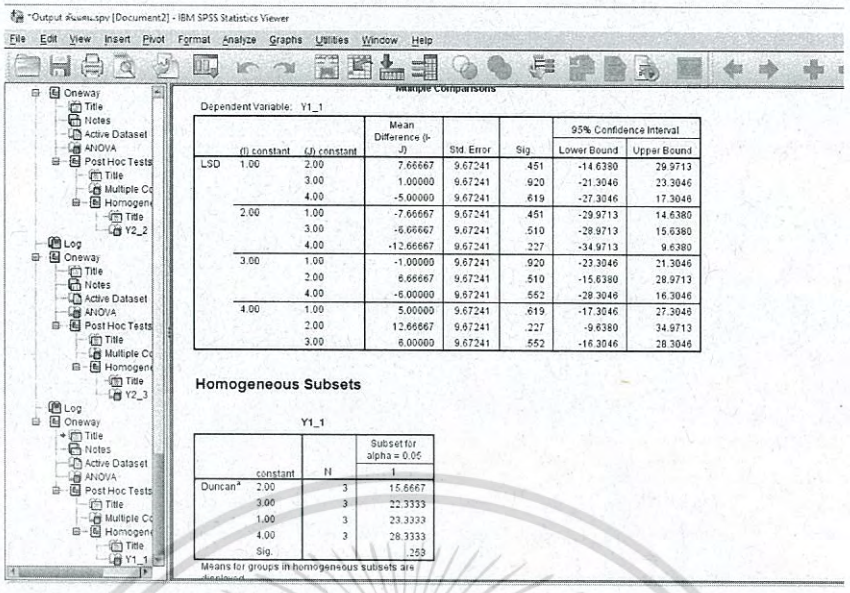


รูปที่ 15ข. การกำหนดค่าใน One-Way ANOVA



รูปที่ 16ข. การเลือกค่าใน Post Hoc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17ข. ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยสถิติดันแคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้