สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การปรับปรุงกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา กรณีศึกษา บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด

นางสาวจินตนา ทวีไทย
นายชัยณรงค์ ศรีเวียง
นายพิษณุ คุณพงศ์ไพศาล
นางสาวมิ่งขวัญ จันทรโณทัย

TP
ค4891
2550
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....83055
วัน,เดือน,ปี.....31 ต.ค. 2551
b.....119607722.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPROVEMENT OF NON-SOAP DETERGENT PRODUCTION PROCESS

A CASE STUDY: UNILEVER THAI HOLDING CO.,LTD.

MS. JINTANA TAWEETHAI

MR. CHAINARONG SRIVEANG

MR. PITSANU KUNPONGPAISAN

MS. MINGKHWAN CHANTARANOTHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การปรับปรุงกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา กรณีศึกษา บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด

IMPROVEMENT OF NON-SOAP DETERGENT PRODUCTION PROCESS A CASE STUDY: UNILEVER THAI HOLDING CO.,LTD.

นักศึกษา	นางสาวจินตนา	ทวีไทย	รหัสประจำตัว	47010104
	นายชัยณรงค์	ศรีเวียง	รหัสประจำตัว	47010164
	นายพิษณุ	คุณพงศ์ไพศาล	รหัสประจำตัว	47010525
	นางสาวมิ่งขวัญ	จันทรโณทัย	รหัสประจำตัว	47010592

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

(ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล)

(ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การปรับปรุงกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา กรณีศึกษา บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด
นักศึกษา	นางสาวจินตนา ทวีไทย นายชัยณรงค์ ศรีเวียง นายพิษณุ คุณพงศ์ไพศาล นางสาวมิ่งขวัญ จันทรโณทัย
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของ กระบวนการผลิตในสายการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาของบริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด โดยในปัจจุบัน ค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา (C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 0.6 ซึ่งยังถือว่ากระบวนการผลิตผงซักฟอกยังมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้น การเพิ่มค่า C_{pk} สามารถกระทำได้เมื่อมีการควบคุมกระบวนการผลิต ให้มีค่าประสิทธิภาพผงซักฟอก (Active Detergent , AD) ที่มีค่าความผันแปรน้อยที่สุด โดยการศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการศึกษากระบวนการผลิต และวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความผันแปรของค่า AD โดยได้ปัจจัยมาทั้งหมด 12 ปัจจัย ซึ่งทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกปัจจัยที่จะดำเนินการแก้ไขมา 3 ปัจจัย ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอก (Bulk Density, BD) ในสายการผลิต C การกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อน (Feed) และความเร็วรอบ (Speed) ของถังผสมผงซักฟอก และการกำหนดค่าที่เหมาะสมของการปรับสารเติมแต่งของผงซักฟอก และเมื่อทำการศึกษา และดำเนินการแก้ไขทั้ง 3 ปัจจัยดังกล่าวแล้ว พบว่า ค่า AD มีค่าความผันแปรลดน้อยลง อีกทั้งเมื่อทำการวัดค่า C_{pk} ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2550 พบว่าค่า C_{pk} มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 0.85 ซึ่งถือว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Improvement of Non-Soap Detergent Production Process
	A Case Study: Unilever Thai Holding Co.,Ltd.
Student	Ms. Jintana Taweethai
	Mr. Chanarong Sriveang
	Mr. Pitsanu Kunpongpaisan
	Ms. Mingkhwan Chantaranothai
Degree	Bachelor of Engineering in Industrial Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2007
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Sittiporn Pimsakul
	Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study the improvement of Non-Soap Detergent production process at Unilever Thai Holding Co.,Ltd. Currently, the value of process capability is 0.6 which is considered to be a poor efficiency. Thus, the improvement of this value of process capability can be achieved by controlling the production process with the minimum variance of the detergent's efficiency. In this study, the 3 possible factors effecting the detergent's efficiency are selected, which are; the density problem of the detergent in production line C, the optimal value for adjusting the rate of feed and speed of drum mixer, and lastly, the optimal value for adjusting the additive detergent. After improving these 3 factors, the final result shows that the variance of the detergent's efficiency is decreased while the value of process capability is increased to 0.85 which meets the objective of this thesis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การปรับปรุงกระบวนการผลิตผงชักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา กรณีศึกษา บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความพยายามและความตั้งใจของทุกคนในกลุ่ม ซึ่งทางกลุ่มหวังเป็นอย่างยิ่งว่าปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อาจเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย แต่ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อาจจะไม่สำเร็จได้หากขาดการให้ความช่วยเหลือจากผู้ให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีมาโดยตลอด โดยทางคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล และ ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆด้านตลอดเวลาที่ผ่านมา

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและขอขอบพระคุณอาจารย์ที่คอยสั่งสอนสิ่งดีๆให้กับทางคณะผู้จัดทำจนสามารถจบออกไปเป็นวิศวกรที่ดีในอนาคต และทางกลุ่มให้สัญญาว่าจะเป็นคนดีของสังคม เพื่อให้อาจารย์ทุกท่านภูมิใจ

ขอบพระคุณ พนักงานบริษัทยูนิลิเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือและความร่วมมือในทุกๆด้าน โดยเฉพาะพี่ต้องการ ที่ให้ความช่วยเหลือทุกอย่างจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้จัดทำ ที่คอยเป็นกำลังใจให้กันเสมอมา และเพื่อนๆทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่คอยอยู่เคียงข้างและร่วมทุกข์ร่วมสุขกันมาตลอดระยะเวลา 4 ปี มันจะเป็นความทรงจำที่ดีตลอดไป

นายชัยณรงค์ ศรีเวียง
นางสาวจินดนา ทวีไทย
นายพิษณุ คุณพงศ์ไพศาล
นางสาวมิ่งขวัญ จันทรโณทัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ช

สารบัญรูป ..... ซ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ประวัติบริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด 1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนผังแสดงสาเหตุและผล 3

2.2 ผังระบบโครงสร้าง 6

2.3 การทดสอบสมมติฐาน 7

2.3.1 การตั้งสมมติฐานทางสถิติ 7

2.3.2 หลักเกณฑ์การตั้งสมมติฐาน 7

2.3.3 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ 8

2.4 อัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต 9

2.5 ทฤษฎีการไหลของอนุภาค 11

2.5.1 การไหลของอนุภาคแบบ Funnel Flow 11

2.5.2 การไหลของอนุภาคแบบ Expanded Flow 11

2.5.3 การไหลของอนุภาคแบบ Mass Flow 12

2.6 การคิดตัวกระจายผงซักฟอก 12

2.7 การออกแบบการทดลอง 13

2.8 การทดลองแบบผสม 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิต 18

3.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอก 18

3.1.2 วิเคราะห์กระบวนการผลิตเพื่อกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 20

3.2 สรุปปัญหาของกระบวนการผลิตผงซักฟอก 21

3.2.1 การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 21

3.2.2 กำหนดปัญหาที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา 21

3.3 เตรียมการแก้ไขปัญหา 25

3.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 25

3.3.2 วิเคราะห์และกำหนดแผนการแก้ไขปัญหา 25

3.4 ทำการแก้ไขปัญหา 26

3.4.1 ทดลองใช้แผนการแก้ปัญหาในสายการผลิต C 26

3.4.2 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของการปรับอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก 29

3.4.3 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก 30

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C 32

4.1.1 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกที่ไหลผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) กับ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) 32

4.1.2 การทดสอบการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก 34

4.1.3 การทดสอบการใช้งานของรถ Tote Bin (แบบเดิม) Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก 36

4.2 ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก 37

4.3 ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก 41

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

5.1 การแก้ปัญหาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C 46

5.2 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก 47

5.3 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก 47

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุง 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 อุปสรรคในการดำเนินงาน.....49
หนังสืออ้างอิง.....50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบและความผิดพลาดในการทดสอบ....8
ตารางที่ 2.2 กำหนดค่าตัวแทนของแต่ละปัจจัย 15
ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองในสภาวะต่างๆ....15
ตารางที่ 3.1 แผนการออกแบบการทดลอง.... 29
ตารางที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ในการปรับค่าของสารเติมแต่งของผงซักฟอก....30
ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนของสารเติมแต่งต่างๆในแผนการทดลอง.... 31
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การปรับปริมาณสารเติมแต่ง....42
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบระหว่างค่า BD ที่ได้จากผลการทดลอง และค่า BD ที่คำนวณได้จากสมการ.... 44
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบระหว่างค่า AD ที่ได้จากผลการทดลอง และค่า AD ที่คำนวณได้จากสมการ....45
ตารางที่ 5.1 ค่า BD ของผงซักฟอกที่เก็บจาก Tote bin แบบต่างๆ....46
ตารางที่ 5.2 สรุปผลค่าอัตราส่วนสมรรถนะกระบวนการผลิต....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังแสดงสาเหตุและผล 5
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างผังต้นไม้ 6
รูปที่ 2.3 การกระจายข้อมูลตามค่า C_p 9
รูปที่ 2.4 การกระจายข้อมูลตามค่า C_{pk} 10
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Funnel Flow 11
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Expanded Flow 11
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Mass Flow 12
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างลักษณะการทำงานของตัวกระจายผงซักฟอก 12
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของตัวกระจายผงซักฟอกที่ถูกผลิตขึ้นใช้จริง 13
รูปที่ 2.10 ระบบของการออกแบบการทดลอง 14
รูปที่ 2.11 ระบบของการออกแบบการทดลองกระบวนการหุงข้าว 14
รูปที่ 2.12 ลักษณะการทดลองที่เป็นแบบผสมและไม่ใช่แบบผสม 17
รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา 19
รูปที่ 3.2 แผนผังสาเหตุและผลวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของค่า AD 20
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาในสายการผลิต C 22
รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบค่า BD ของผงซักฟอกที่ออกจากถัง Fluidizer แต่ละตำแหน่ง 23
รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบค่า BD ของผงซักฟอกที่ออกจากถัง Mass Flow แต่ละตำแหน่ง 23
รูปที่ 3.6 ค่าความผันแปรของค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกแต่ละตำแหน่ง 24
รูปที่ 3.7 การไหลแบบ Funnel Flow 25
รูปที่ 3.8 แบบจำลอง Tote Bin (แบบเดิม) 26
รูปที่ 3.9 แบบจำลอง Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) 26
รูปที่ 3.10 การกระจายตัวของอนุภาคเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอก 27
รูปที่ 3.11 Tote Bin (แบบเดิม), Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก 28
รูปที่ 3.12 ลักษณะการติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอกภายในรถ Tote Bin 28
รูปที่ 3.13 อัตราส่วนของสารต่างๆในผงซักฟอกสูตร 2 พลังซัก 1 ถุง 30
รูปที่ 3.14 ค่า Adjusted R-Squared ของรูปแบบสมการต่างๆ 30
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความผันแปรของค่า BD ก่อนและหลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) 33
รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความผันแปรของค่า BD ก่อนและหลังผ่านMass Flow Tote Bin (แบบใหม่) 33
รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 30 องศา 34
รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 60 องศา 35
รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 90 องศา 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.6 ค่า BD ของผงซักฟอก ณ ตำแหน่งต่างๆ 36
รูปที่ 4.7 กราฟผลกระทบของปัจจัยต่างๆต่อค่า BD 38
รูปที่ 4.8 กราฟผลกระทบของปัจจัยหลักต่อค่า BD 38
รูปที่ 4.9 กราฟ Interaction ของ BD 39
รูปที่ 4.10 กราฟ Interaction ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 39
รูปที่ 4.11 ค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบ 40
รูปที่ 4.12 กราฟผลกระทบของปัจจัยต่างๆต่อค่าAD 41
รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า BD 42
รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า AD 43
รูปที่ 5.1 แนวโน้มค่าสมรรถนะกระบวนการผลิตตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันสินค้าอุปโภคบริโภคทุกยี่ห้อทั่วโลกมีการแข่งขันในด้านคุณภาพและประสิทธิภาพของสินค้าสูงมาก ซึ่งผงซักฟอกเป็นผลิตภัณฑ์ตัวหนึ่งที่บริษัทผู้ผลิตต้องการผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค และเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่บริษัทผู้ผลิตนั้นด้วย

ในส่วนของประเทศไทยก็เช่นเดียวกันมีผู้ผลิตผงซักฟอกที่ประสบปัญหาในการปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผงซักฟอกเป็นจำนวนมาก หนึ่งในผู้ผลิตผงซักฟอกชั้นนำนั้นคือ บริษัทยูนิลีเวอร์ไทย โฮลดิ้ง จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตผงซักฟอกที่เป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ต้องการจะปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถผลิตผงซักฟอกที่มีคุณภาพตามมาตรฐานและมีประสิทธิภาพที่ทัดเทียมหรือเหนือกว่าคู่แข่งให้จงได้ ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงทำการศึกษาและแก้ไขปัญหาต่างๆเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผงซักฟอกให้มีปริมาณการสูญเสียของผงซักฟอกและการหยุดการทำงานของเครื่องจักรลดลง

1.1 ประวัติบริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด

บริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ตั้งอยู่ที่ นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง 63 หมู่ 4 ถนนฉลองกรุง แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ 138 ไร่ ซึ่งเกิดจากการร่วมทุนระหว่างนักลงทุนชาวอังกฤษและนักลงทุนชาวเนเธอร์แลนด์ ก่อตั้งในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2475 บริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด เป็นผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคส่งขายทั้งภายในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์และหลักการของบริษัท คือ "มาตรฐานสูงสุดของพฤติกรรมองค์กร เพื่อทุกๆ คนที่เราทำงานด้วย เพื่อชุมชนที่เราตั้งอยู่ และเพื่อสิ่งแวดล้อมที่เรามีผลกระทบ"

บริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ได้ชื่อว่าเป็นบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญด้านการตลาดและเป็นแบบอย่างขององค์กรที่มีศักยภาพการดำเนินงานที่เป็นสากลอย่างแท้จริง ผลิตภัณฑ์ของบริษัทยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ครอบคลุมทุกความต้องการในชีวิตประจำวันของผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นในด้านรสชาติหรือคุณภาพของอาหาร การรักษาความสะอาดในครัวเรือน เสื้อผ้าและร่างกาย โดยมีทั้งผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่นิยมไปทั่วโลก และในประเทศไทย

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้ง จำกัด มีพนักงานทั้งสิ้นประมาณ 3,000 คน โดยแบ่งการทำงานเป็น 3 กะ กะละ 8 ชั่วโมง เวลาการทำงานคือ วันจันทร์ถึงวันเสาร์ และมีผลิตภัณฑ์ที่ส่งขายให้กับลูกค้า 3 ประเภท

1. สินค้าประเภทอาหาร และไอศกรีม เช่น ไอศกรีมวอลล์ ชาลิปตัน ผลิตภัณฑ์ปรุงรสคนอร์ และเบสท์ฟูดส์
2. สินค้าประเภทเครื่องใช้ส่วนบุคคล เช่น ผลิตภัณฑ์ระงับกลิ่นกายเรโซน่า แอ็กซ์ ยาสีฟันใกล้ชิด แชมพู โดฟ ซันซิล คลินิก เคลียร์ ผลิตภัณฑ์บำรุงและทำความสะอาดผิวลักส์ และผลิตภัณฑ์บำรุงผิวซิตร้า พอนด์ส วาสลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สินค้าประเภทเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น ผงซักฟอกโอโม บรีส น้ำยาล้างจานซันไลต์ น้ำยาปรับผ้านุ่มคอมฟอร์ท และน้ำยาล้างห้องน้ำวิม

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปแบบธรรมดาโดยการเพิ่มอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต (C_{pk})

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา ยี่ห้อบรีสคัลเลอร์ บรีสเพาเวอร์และโอโม แผนก Non Soap Detergent (NSD)
2. ทำการศึกษาและปรับปรุงเฉพาะปัจจัยที่ได้รับความเห็นชอบจากทางบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด
3. ทำการศึกษาข้อมูลจากกระบวนการผลิตในช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 – มกราคม พ.ศ. 2551

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดความผันแปรของค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกที่ผ่านสายการผลิต C
2. สามารถแก้ไขปัญหาการบรรจุผงซักฟอกใส่ในถุงของสายการผลิต C
3. ทำการกำหนดค่าที่เหมาะสมของความเร็วรอบและอัตราการป้อนของถังผสมผงซักฟอก
4. ทำการกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตผงชักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา ซึ่งมุ่งเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตของอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตผงชักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา (C_{pk}) โดยทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องที่มีความสำคัญดังนี้

1. แผนผังแสดงสาเหตุและผล
2. ผังระบบโครงสร้าง
3. การทดสอบสมมติฐาน
4. อัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต
5. ทฤษฎีการไหลของอนุภาค
6. ทฤษฎีการติดตัวกระจายผงชักฟอก
7. การออกแบบการทดลอง
8. การทดลองแบบผสม

2.1 แผนผังแสดงสาเหตุและผล

แผนผังแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหา (Problem) กับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น (Possible Cause) อาจคุ้นเคยกับแผนผังแสดงสาเหตุและผล ในชื่อของ "แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) " เนื่องจากหน้าตาแผนผังมีลักษณะคล้ายปลาที่เหลือแต่ก้าง หรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาว่า (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้รับการพัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1943 โดย ศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัย

แผนผังก้างปลา เป็นแผนผังที่มีประโยชน์สำหรับการนำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล สำหรับประเด็นปัญหาที่พิจารณา โดยได้จำแนกแผนผังก้างปลานี้ออกเป็น 3 ประเภท

1. การวิเคราะห์ความแปรผัน (Dispersion Analysis) โดยก้างปลาแบบนี้ใช้แสดงสาเหตุของการเกิดความผันแปรในคุณภาพ ที่แสดงด้วยหัวปลาตามลำดับก่อนหลัง ด้วยการตั้งคำถามว่า ทำไมจึงเกิดความผันแปรขึ้นเป็นเช่นนี้ เรื่อยๆ โดยผู้สร้างก้างปลาประเภทนี้ช่วยแสดงความคิดเห็นถึงปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรอย่างเป็นระบบ แต่อย่างไรก็ตามก้างปลาแบบนี้มีจุดอ่อน คือ ขึ้นอยู่กับแนวคิดของผู้สร้างค่อนข้างมาก ถ้าหากมีการถามตอบโดยขาดวิธีคิดอย่างเป็นระบบ คือ ถามตอบแบบปากพาไป ก็จะทำให้แผนผังก้างปลานี้ไม่มีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ปัญหาแต่อย่างใด แผนผังแสดงสาเหตุและผลแบบนี้จะพบเห็นมากที่สุดในวงการคิวซีเซอร์เคิลสำหรับอุตสาหกรรมไทย

2. การจำแนกตามกระบวนการผลิต (Process Classification) แผนผังก้างปลาประเภทนี้ ใช้สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลตามกระบวนการย่อยต่างๆ เช่น ในตัวอย่างของกระบวนการประกอบงาน โดยแผนผัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก้างปลาประเภทนี้มีจุดเด่น คือ สามารถสร้างได้ง่ายและสื่อข้อความได้ความหมายดี เพราะสามารถสร้างสาเหตุและผลที่แต่ละกระบวนการย่อยแล้วจึงนำมาต่อกระบวนการกัน แต่มีจุดอ่อนคือ ทำให้ดูเหมือนว่ามีสาเหตุซ้อนสาเหตุของกระบวนการต้นน้ำ (Upstream) จะเป็นสาเหตุของกระบวนการท้ายน้ำ (Downstream) ทำให้มีสาเหตุมากกว่าหนึ่งปัจจัย ซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์

3. การกำหนดรายการของสาเหตุ (Cause Enumeration) แผนผังก้างปลาแบบนี้จะมีโครงสร้างเหมือนกรณีวิเคราะห์ความผันแปร แต่มีความแตกต่างกันตรงที่ว่าแผนภาพก้างปลาประเภทนี้จะมุ่งสู่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา) ในขณะที่แผนผังก้างปลาประเภทแรกกล่าวถึงอาการหรือการจำแนกประเภทได้ เช่น ถ้าหัวปลาคือ เงินไม่พอใช้ ถ้าเป็นประเภทแรกอาจมุ่งถามว่าทำไมจึงมีความผันแปรในการใช้เงิน คำตอบอาจเป็นเพราะว่าใช้จ่ายเป็นค่าอาหาร ใช้จ่ายเป็นค่าพลังงาน ฯลฯ แล้วก็ถามต่อว่าทำไมค่าอาหารจึงมีความผันแปร คำตอบอาจเป็นเพราะว่าซื้อมาจากหลายแหล่ง ไม่มีการควบคุมค่าอาหาร ฯลฯ แล้วถามว่าทำไมค่าอาหารจึงมีความผันแปร เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ในขณะที่แผนผังก้างปลาประเภทกำหนดรายการของสาเหตุมุ่งสู่ประเด็นของปัญหา ซึ่งพบว่าค่าอาหาร ค่าพลังงานมิใช่สาเหตุ แต่สาเหตุอาจมาจากการวางแผนการใช้เงิน แล้วจึงถามต่อว่าทำไมจึงขาดการวางแผนการใช้เงิน ก็อาจตอบต่อไปว่าไม่มีการกำหนดมาตรการการใช้เงิน เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ แผนผังก้างปลาประเภทกำหนดรายการของสาเหตุนี้มีประโยชน์ คือ ทำให้รับทราบรายการของสาเหตุทั้งหมด ทำให้พิสูจน์หาสาเหตุค่อนข้างง่าย แต่มีข้อเสียคือ มีความยากในการสร้างค่อนข้างมากเพราะนอกจากต้องระดมสมองหาสาเหตุที่คาดว่าเป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว ยังจำเป็นต้องมาการทบทวนอยู่เสมอด้วย เพื่อให้มั่นใจว่าสาเหตุหลักมิได้ตกหล่นไปจากการพิจารณา ในการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้คิวซีเซอร์เคิลนั้น ถือว่าก้างปลาของประเภทของการจำแนกรายการของสาเหตุนี้มีประโยชน์มากที่สุด เพราะสามารถใช้วิเคราะห์หาสาเหตุและผลอย่างมีระบบ ทำให้สามารถคาดการณ์และพิสูจน์ผลได้ด้วยหลักการสถิติ ในขณะที่แผนผังก้างปลา 2 ประเภทแรกเหมาะกับการนำเสนอเพื่อการสื่อสารข้อความอย่างง่ายมากกว่า

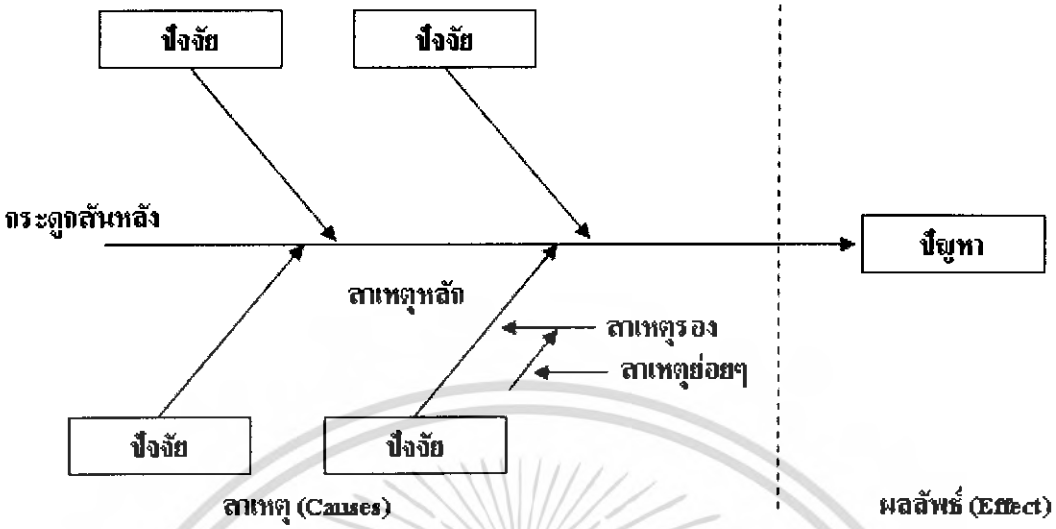
<u>วิธีการสร้างแผนผังแสดงสาเหตุและผล</u>

สิ่งสำคัญในการสร้างแผนผัง คือ ต้องทำเป็นทีม เป็นกลุ่ม โดยใช้ขั้นตอน 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดประโยคปัญหาที่หัวปลา
2. กำหนดกลุ่มปัจจัยที่จะทำให้เกิดปัญหานั้นๆ
3. ระดมสมองเพื่อหาสาเหตุในแต่ละปัจจัย
4. หาสาเหตุหลักของปัญหา
5. จัดลำดับความสำคัญของสาเหตุ
6. ใช้แนวทางการปรับปรุงที่จำเป็น

หลักการเบื้องต้นของแผนผังก้างปลา คือการใส่ชื่อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์ ลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนผัง โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อย ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 - 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 – 5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนผังที่สมบูรณ์แล้ว จะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมด ที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแผนผังแสดงสาเหตุและผล

โครงสร้างของแผนผังแสดงสาเหตุและผลจากรูปที่ 2.1 มีโครงสร้างดังนี้

1. ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or Effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา
2. ส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็น
   - ปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา (หัวปลา)
   - สาเหตุหลัก
   - สาเหตุย่อย

ซึ่งสาเหตุของปัญหา จะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง ก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรองและก้างรอง เป็นสาเหตุของก้างหลัก แผนผังก้างปลามีข้อดีข้อเสีย ดังนี้

<u>ข้อดี</u>

1. ไม่ต้องเสียเวลาแยกความคิดต่าง ๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิก แผนผังก้างปลาจะช่วยรวบรวมความคิดของสมาชิกในทีม

2. ทำให้ทราบสาเหตุหลัก ๆ และสาเหตุย่อย ๆ ของปัญหา ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

<u>ข้อเสีย</u>

1. ความคิดไม่อิสระเนื่องจากมีแผนผังก้างปลาเป็นตัวกำหนดซึ่งความคิดของสมาชิกในทีมจะมารวมอยู่ที่แผนผังก้างปลา

2. ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถสูง จึงจะสามารถใช้แผนผังก้างปลาในการระดมความคิด

(http://learners.in.th/file/ibirdboy/FishBone.doc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผังระบบโครงสร้าง

ผังระบบโครงสร้าง หรือ ผังต้นไม้ (Tree Diagram or System Diagram) เป็นเครื่องมือสำหรับเรียบเรียงความคิดให้เป็นหมวดหมู่ โดยนำมาจัดเรียงให้มีรูปร่างคล้ายต้นไม้ ทำให้มองเห็นภาพโครงสร้างที่เป็นระบบของหลายๆ ความคิดได้อย่างชัดเจน

<u>ผังต้นไม้ถูกใช้เมื่อ</u>

1. ต้องการแก้ปัญหาโดยมีการกำหนดมาตรการไว้อย่างเป็นระบบ
2. ต้องการให้สมาชิกกลุ่มมีมติสอดคล้องกัน
3. ต้องการแสดงความสัมพันธ์ของปัญหากับมาตรการแก้ไขในรูปของผัง ซึ่งทำให้ง่ายต่อความเข้าใจ

<u>วิธีการสร้างผังต้นไม้</u>

1. ตั้งเป้าหมายจากปัญหาที่ถูกตั้งไว้ในแผนผังแสดงสาเหตุและผล หรือแผนผังก้างปลา ซึ่งต้องการแก้ไข เป้าหมายที่ตั้งนั้นหากมีข้อจำกัดหรือข้อกำหนดเงื่อนไขใดๆให้เขียนลงไปด้วย

2. สร้างชุดมาตรการการแก้ปัญหา โดยสมาชิกร่วมกันปรึกษาหารือกันว่ามาตรการใดเป็นมาตรการสำคัญ ที่จะทำให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายโดยแบ่งเป็นขั้นที่ 2 และ 3ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเจอมาตรการที่พอจะแก้ไขได้หรือปฏิบัติได้จริง

3. การตรวจสอบมาตรการ และความหมายของความสัมพันธ์มี

3.1 มาตรการนี้สามารถแก้ปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จได้จริงหรือไม่

3.2 มีทางที่เป็นไปได้หรือไม่ที่จะบรรลุเป้าหมายได้โดยใช้มาตรการนี้

4. กำหนดโครงต้นไม้ ลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายกับมาตรการ เพื่อทำการสร้างผังต้นไม้

5. กำหนดแผนปฏิบัติการ โดยกำหนดตามหลักการของ “5W 2H” (What, Why, Who, When, Where, How and How much)

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างผังต้นไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างผังต้นไม้ โดยทางด้านซ้ายสุดเป็นปัญหาที่ต้องการจะแก้ไขเช่น ไม่สะดวกและใช้เวลามากในการทำความสะอาดเครื่องจักร และในกล่องต่อๆมาทางขวาเป็นสาเหตุของปัญหาที่อยู่ซ้ายมือเช่น เศษฝุ่นฝ้ายติดอยู่กับจาระบีหรือน้ำมันเครื่อง เป็นต้น โดยหาสาเหตุของปัญหาไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้สาเหตุรากเหง้าของปัญหา (วันรัตน์ จันทกิจ, 2546)

2.3 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) คือ ความเชื่อของบุคคลใดบุคคลหนึ่งหรือของกลุ่มบุคคลใดๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าสมมติฐานเป็นสิ่งที่บุคคลหรือองค์กรคาดว่าจะเกิดขึ้น ความเชื่อหรือสิ่งที่คาดนั้นจะเป็นจริงหรือไม่ก็ได้

2.3.1 การตั้งสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐานโดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างเพื่อสรุปว่าสมมติฐานหรือสิ่งที่คาดไว้จริงหรือไม่นั้น สิ่งที่สำคัญที่สุด คือการตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ ซึ่งจะต้องประกอบด้วยสมมติฐาน 2 ชนิดทุกครั้งของการทดสอบ คือ

1. สมมติฐานว่าง (Null Hypothesis) ใช้สัญลักษณ์ H_0
2. สมมติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) ให้สัญลักษณ์ H_a หรือ H_1

สมมติฐาน H_0 และ H_1 จะอยู่ในทิศทางที่ตรงกันข้ามเสมอ เช่น

H_0 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งเป็นจำนวน 10 ชิ้น

H_1 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งไม่เท่ากับ 10 ชิ้น

เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า

$H_0 : \mu = 10$ (สมมติฐานว่าง)

$H_1 : \mu \neq 10$ (สมมติฐานแย้ง) ถ้า μ = จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่ง

H_0 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งไม่เกิน 10 ชิ้น หรือ $H_0 : \mu \leq 10$ ชิ้น

H_1 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งมากกว่า 10 ชิ้น $H_1 : \mu > 10$ ชิ้น

หรือ H_0 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งอย่างน้อยเป็น 10 ชิ้น หรือ $H_0 : \mu \geq 10$ ชิ้น

H_1 : จำนวนของเสียเฉลี่ยต่อวันของสินค้าชนิดหนึ่งน้อยกว่า 10 ชิ้น $H_1 : \mu < 10$ ชิ้น

2.3.2 หลักเกณฑ์การตั้งสมมติฐาน

การพิจารณาว่าควรจะนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ใส่ในสมมติฐาน H_0 หรือ H_1 นั้น สรุปได้ดังนี้คือ ถ้าสิ่งที่คาดไว้มีเครื่องหมายเท่ากับอยู่ด้วยให้ไว้ใน H_0และสมมติฐาน H_1จะอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับ H_0 แต่ถ้าสิ่งที่คาดไว้ไม่มีเครื่องหมายเท่ากับ (คือมีเครื่องหมาย > หรือ < หรือ $\neq$)ให้ไว้ใน H_1 และใน H_0 อยู่ในทิศทางตรงกันข้าม

ตัวอย่างเช่นถ้าคาดว่ายอดขายเฉลี่ยต่อปีของรถยนต์ยี่ห้อ A เท่ากับของยี่ห้อ B จึงใส่สมมติฐานนี้ไว้ใน H_0

H_0 : ยอดขายเฉลี่ยต่อปีของรถยนต์ยี่ห้อ A = ยอดขายเฉลี่ยต่อปีของรถยนต์ยี่ห้อ B หรือ $H_0 : \mu_A = \mu_B$

H_1: ยอดขายเฉลี่ยต่อปีของรถยนต์ยี่ห้อ A $\neq$ ยอดขายเฉลี่ยต่อปีของรถยนต์ยี่ห้อ B หรือ $H_1 : \mu_A \neq \mu_B$

ในทางปฏิบัติจะพบว่าส่วนใหญ่สิ่งที่คาดไว้หรือสิ่งที่เชื่อมักจะไม่รวมเครื่องหมายเท่ากับ จึงมักนำความเชื่อหรือสิ่งที่คาดไว้ใส่ใน H_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักจะมีความผิดพลาดอยู่เสมอ คำว่าความผิดพลาดในที่นี้หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปของการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐาน H_0 ทั้งที่ H_0 เป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่า H_0 จริงแต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐาน H_0 ไม่จริง ความผิดพลาดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. <u>ความผิดพลาดประเภทที่ 1</u> เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการปฏิเสธ H_0 หรือไม่ยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง และมักจะเรียกความผิดพลาดชนิดนี้ว่า "ระดับนัยสำคัญ" (Level of Significance) และใช้สัญลักษณ์ α โดยที่ α = P (ปฏิเสธ H_0 โดยที่ H_0 เป็นจริง)

2. <u>ความผิดพลาดประเภทที่ 2</u> เป็นความผิดพลาดเนื่องจากการยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง และใช้สัญลักษณ์ β แทนความผิดพลาดประเภทนี้ โดยที่ β = P (ยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง)

ตารางที่ 2.1 ผลการทดสอบและความผิดพลาดในการทดสอบ

ผลการทดสอบ	ความเป็นจริง	
	เป็น H_0 จริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ยอมรับ H_0	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (β)
ปฏิเสธ H_0	ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (α)	ผลการทดสอบถูกต้อง

ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้ง ผู้ทดสอบย่อมต้องการที่จะให้มีความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภท (α และ β) น้อยที่สุด แต่ถ้าลด α จะทำให้ β เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันถ้าลด β จะทำให้ α เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 การที่จะลดค่าทั้ง α และ β จะต้องเพิ่มขนาดตัวอย่าง

นอกจากจะสามารถทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย ค่าแปรปราน และค่าสัดส่วน ยังอาจจะทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของประชากร 2 ลักษณะ เช่น ถ้าเชื่อว่าคุณภาพของสินค้าไม่ขึ้นกับสภาพของเครื่องจักรที่ผลิต (เก่า, ใหม่)จึงทำการทดสอบ

H_0 : คุณภาพของสินค้าไม่ขึ้นกับสภาพของเครื่องจักรที่ผลิต

H_1 : คุณภาพของสินค้าขึ้นกับสภาพของเครื่องจักรที่ผลิต

ถ้าทำการทดสอบสมมติฐานข้างต้นแล้วสรุปได้ว่าปฏิเสธ H_0 (ยอมรับ H_1) โดยที่ H_0 เป็นจริง (เกิด α) หมายความว่าจากผลการทดสอบสรุปได้ว่า คุณภาพสินค้าขึ้นอยู่กับสภาพเครื่องจักรที่ผลิต ดังนั้นผู้ผลิตจะไม่ใช้เครื่องจักรที่เก่าหรือมีสภาพไม่ดีในการผลิตสินค้า ซึ่งพบว่าการทำเช่นนี้ไม่เกิดความเสียหายหรือเสียชื่อเสียงแก่ผู้ผลิต

แต่ถ้าทดสอบแล้วสรุปได้ว่ายอมรับ H_0 (ปฏิเสธ H_1) โดยที่ H_0 ไม่เป็นจริง (เกิด β) คือจากผลการทดสอบสรุปได้ว่ายอมรับว่าคุณภาพไม่ขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องจักร ดังนั้นผู้ผลิตจะยังคงใช้เครื่องจักรเก่า (สภาพไม่ดี) ผลิตสินค้าซึ่งอาจจะได้สินค้าที่มีคุณภาพไม่ดี จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ผู้ผลิต ดังนั้นผู้ทดสอบควรลด β ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่า ที่จะทำได้ ซึ่งมีผลทำให้ α เพิ่มขึ้น ดังนั้นโดยทั่วไปผู้ทดสอบจะกำหนดค่า α (ระดับนัยสำคัญ) หรือกำหนดระดับความเชื่อมั่น 1-α โดยที่ 1-α คือ โอกาสที่จะยอมรับ H_0 โดยที่ H_0 เป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P-Value คือความน่าจะเป็นที่ค่าทดสอบทางสถิติจะมีค่าเป็นอย่างน้อยที่จะทำให้ค่านี้มีค่ามากเท่ากับค่าสังเกตในทางสถิติ เมื่อสมมติฐานหลักเป็นจริงนั้นก็คือ P-Value เหมือนกับค่าที่น้อยที่สุดของระดับนัยสำคัญ ซึ่งนำไปสู่การปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

P-Value < 0.05 จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $\alpha = 0.05$

α = Type I Error = Significant Level = ระดับนัยสำคัญ

$1-\alpha$ = Confident Level = ระดับความเชื่อมั่น

β = Type II Error

$1-\beta$ = Power of the Test (อำนาจการทดสอบ)

(สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2547)

2.4 อัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต

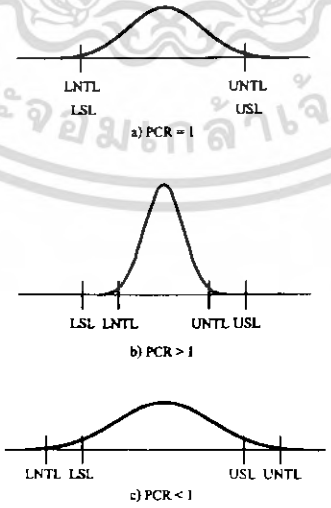
ค่าที่บอกถึงสมรรถนะในการทำงาน (Process Capacity Index) ของกระบวนการว่าสามารถทำผลงานที่มีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการได้ดีเพียงใด โดยทั่วไปรายงานในรูปของ 2 ค่า คือ C_p และ C_{pk}

C_p อัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต (Process Capability Ratio: C_p) เหมาะสำหรับการวัดสมรรถนะของกระบวนการผลิต โดยสมมุติว่ากระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุมและมีการแจกแจงปกติรอบๆจุดกึ่งกลางของข้อกำหนด C_p สามารถคำนวณจาก

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

- เมื่อ USL (Upper Specification Limit) และ LSL (Lower Specification Limit) คือขีดจำกัดบนและล่างของข้อกำหนดทางเทคนิคตามลำดับ

- เมื่อ LNTL (Lower Natural Tolerance Limit) และ UNTL (Upper Natural Tolerance Limit) คือขอบเขตล่างและขอบเขตบนของพิกัดความเผื่อธรรมชาติ



รูปที่ 2.3 การกระจายข้อมูลตามค่า C_p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า C_p คือ อัตราส่วนระหว่างขอบเขตข้อกำหนดทางเทคนิคต่อขอบเขตพิกัดความเผื่อธรรมชาติ จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายค่า C_p ที่ได้มีความหมายดังนี้

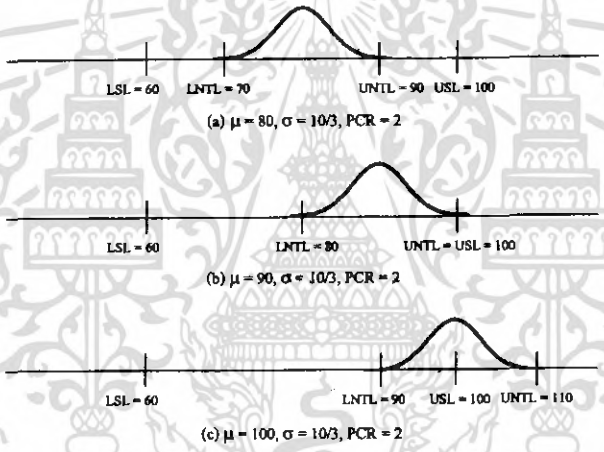
ถ้า $C_p = 1$ แสดงว่าขอบเขตข้อกำหนดทางเทคนิคเท่ากับขอบเขตพิกัดความเผื่อธรรมชาติ จากการแจกแจงปกติจะได้ว่า มีจำนวนสินค้าที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดทางเทคนิคประมาณ 0.27%

ถ้า $C_p > 1$ แสดงว่าขอบเขตข้อกำหนดทางเทคนิคกว้างกว่าขอบเขตพิกัดความเผื่อธรรมชาติ จากการแจกแจงปกติจะได้ว่า มีจำนวนสินค้าที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดทางเทคนิคน้อยมาก

ถ้า $C_p < 1$ แสดงว่าขอบเขตข้อกำหนดทางเทคนิคแคบกว่าขอบเขตพิกัดความเผื่อธรรมชาติ จากการแจกแจงปกติจะได้ว่า มีจำนวนสินค้าที่ไม่ตรงตามข้อกำหนดทางเทคนิคจำนวนมาก

เมื่อกระบวนการผลิตมีการแจกแจงปกติรอบๆจุดที่ไม่ใช่จุดกึ่งกลางของข้อกำหนด จึงไม่สามารถใช้ C_p ในการวิเคราะห์สมรรถนะของกระบวนการผลิตได้จึงต้องใช้ดัชนีสมรรถนะของกระบวนการผลิตที่เหมาะสมคือ C_{pk} ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2.2 ดังนี้

$$C_{pk} = Min(C_{pl}, C_{pu}) \qquad (2.2)$$



รูปที่ 2.4 การกระจายข้อมูลตามค่า C_{pk}

ค่า C_{pk} คือ อัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตที่เหมาะสม จากรูปที่ 2.4 สามารถอธิบายค่า C_{pk} ที่ได้มีความหมายดังนี้

ถ้า $C_{pk} = C_p$ จะได้ว่า กระบวนการผลิตมีการแจกแจงปกติรอบๆ จุดกึ่งกลางของข้อกำหนด

ถ้า $C_{pk} < C_p$ จะได้ว่า กระบวนการผลิตมีการแจกแจงปกติรอบๆ จุดที่ไม่ใช่จุดกึ่งกลางของข้อกำหนด

ถ้า $C_{pk} = 0$ จะได้ว่ากระบวนการผลิตมีการแจกแจงปกติรอบๆ จุดที่ไม่ใช่จุดกึ่งกลางของข้อกำหนดและ $\mu = USL$ หรือ $\mu = LSL$

ถ้า $C_{pk} < 0$ จะได้ว่ากระบวนการผลิตมีการแจกแจงปกติรอบๆ จุดที่ไม่ใช่จุดกึ่งกลางของข้อกำหนดและ $\mu > USL$ หรือ $\mu < LSL$ (ฤดี มาสุจันท์, 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีการไหลของอนุภาค

รูปแบบการไหลของอนุภาคสามารถเกิดขึ้นได้หลากหลาย โดยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆได้แก่ รูปทรงของภาชนะบรรจุอนุภาค วัสดุที่ใช้ทำภาชนะบรรจุ และลักษณะของอนุภาค เป็นต้น โดยในโครงการนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของผงชักฟอก โดยให้กำหนดขอบเขตความสนใจที่ปัจจัย รูปทรงของภาชนะบรรจุอนุภาค

2.5.1 การไหลของอนุภาคแบบ Funnel Flow

การไหลของอนุภาคแบบ Funnel Flow อนุภาคที่ไหลเข้าสู่ภาชนะระยะแรก จะเกิดการอัดตัวกันบริเวณขอบหรือมุมของภาชนะบรรจุตามหลักของแรงโน้มถ่วง ทำให้มีอนุภาคเพียงบางส่วนที่ไหลเข้าภาชนะในระยะแรกสามารถไหลออกมาได้ ซึ่งปรากฏการณ์นี้มีสาเหตุจากรูปทรงของภาชนะของอนุภาค ที่มีลักษณะมีมุมเหลี่ยม จึงทำให้การไหลของอนุภาคเกิดการติดขัด และส่งผลให้มีการอัดตัวสะสมกันของอนุภาคบริเวณนั้น ดังนั้นจะมีเฉพาะอนุภาคบริเวณกลางภาชนะเท่านั้น ที่สามารถไหลออกได้ก่อน เมื่ออนุภาคบริเวณกลางภาชนะไหลหมดแล้ว อนุภาคด้านข้างจึงค่อยๆ ทลายตัวและไหลเข้าสู่บริเวณกลางภาชนะ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Funnel Flow

2.5.2 การไหลของอนุภาคแบบ Expanded Flow

รูปแบบการไหลแบบ Expanded Flow การไหลของอนุภาคเป็นระดับมากขึ้น คือ เมื่ออนุภาคไหลเข้าสู่ภาชนะอนุภาคชุดเดียวกันจะไหลออกจากภาชนะพร้อมๆกัน จะมีอนุภาคอัดตัวสะสมบริเวณด้านข้างของภาชนะน้อยมาก เนื่องจากภาชนะที่มีรูปแบบการไหลของอนุภาคแบบ Expanded Flow จะมีลักษณะคล้ายกรวยมากขึ้น ส่งผลให้การไหลของอนุภาคมีความติดขัดน้อยลง ซึ่งสามารถเรียกได้ว่ารูปแบบการไหลแบบ Expanded Flow คือ การไหลแบบ Funnel Flow ระยะสุดท้าย ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Expanded Flow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่มีการสะสมของอนุภาคบริเวณด้านข้างของภาชนะ เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างอนุภาคและผนังของภาชนะบรรจุ และการที่ลักษณะทางออกของภาชนะมีการทำมุมเหลี่ยม จึงส่งผลให้เกิดการติดขัดของการไหลของอนุภาค

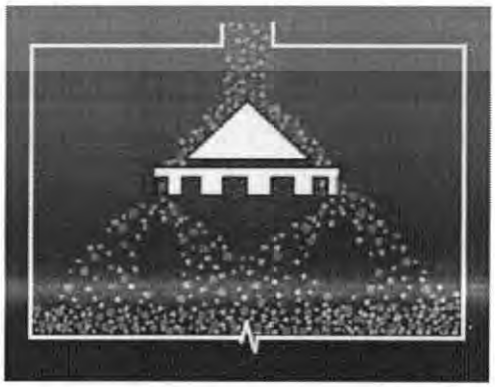
2.5.3 การไหลของอนุภาคแบบ Mass Flow

รูปแบบการไหลแบบ Mass Flow คือ รูปแบบการไหลของอนุภาคที่มีความเป็นระดับมากที่สุด และไม่มีการอัดตัวหรือสะสมของอนุภาค ณ บริเวณต่างๆของภาชนะ เนื่องจากภาชนะที่มีการไหลแบบ Mass Flow จะมีลักษณะเป็นกรวย และทำมาจากวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต่ำ ดังรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างลักษณะการไหลของอนุภาคแบบ Mass Flow

2.6 การติดตัวกระจายผงซักฟอก

การไหลของผงซักฟอกผ่านเข้าสู่ภาชนะเก็บผงซักฟอก จะเกิดการรวมตัวของผงซักฟอกเป็นกองๆ โดยอนุภาคของผงซักฟอกที่มีขนาดใหญ่กว่าจะไหลไปบริเวณด้านข้างของกองผงซักฟอกตามแรงโน้มถ่วง ทำให้บริเวณกลาง และบริเวณส่วนยอดของกองผงซักฟอกประกอบด้วยผงซักฟอกขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่ ส่งผลให้เกิดการแยกชั้นของผงซักฟอก ดังนั้นเมื่อผงซักฟอกไหลออกจากภาชนะบรรจุ ผงซักฟอกที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่าจะไหลออกก่อน และผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าที่กองอยู่ด้านข้างจะไหลออกมาทีหลัง จึงเกิดการผันแปรของค่า BD ของผงซักฟอก ซึ่งมีผลต่อความผันแปรของค่า AD ของผงซักฟอกอีกด้วย



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างลักษณะการทำงานของตัวกระจายผงซักฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 จะพบว่า เมื่อผงซักฟอกไหลผ่านตัวกระจายผงซักฟอก (Distributor) แล้ว เกิดการกระจายตัวของผงซักฟอกภายในภาชนะบรรจุมากขึ้น เกิดเป็นผงซักฟอกหลายกอง แต่ละกองจะประกอบด้วยผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่และอนุภาคขนาดเล็กปะปนกัน ดังนั้นผงซักฟอกที่ไหลออกจากภาชนะบรรจุจะมีผงซักฟอกอนุภาคขนาดเล็กและอนุภาคขนาดใหญ่ไหลออกมาพร้อมๆกันอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้ค่าความผันแปรต่างๆลดลง

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตัวกระจายผงซักฟอก</u>

1. ขนาดมุมยอดของตัวกระจายผงซักฟอก

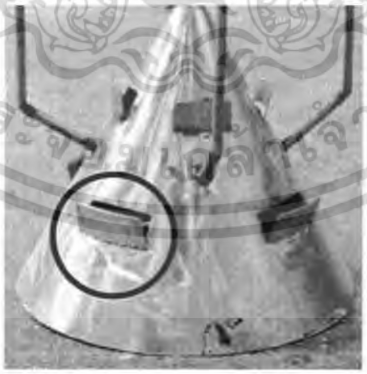
ขนาดมุมยอดของตัวกระจายผงซักฟอกส่งผลต่ออัตราเร็วในการไหลของผงซักฟอก ถ้าขนาดของมุมยอดมีขนาดเล็ก อัตราเร็วในการไหลของผงซักฟอกจะสูง ทำให้ผงซักฟอกไหลข้ามช่องที่ได้ทำการเจาะไว้บนตัวกระจายผงซักฟอก และยังส่งผลต่อความกว้างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในการกระจายตัว มุมยอดที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีความกว้างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในการกระจายตัวที่เล็กกว่าตัวกระจายผงซักฟอกที่มีขนาดมุมยอดที่ใหญ่กว่า

2. ระยะห่างจากทางเข้าภาชนะบรรจุของผงซักฟอก

ระยะห่างจากทางเข้าภาชนะบรรจุของผงซักฟอกจะมีความสัมพันธ์กับขนาดของมุมยอด เนื่องจากในบางกรณีที่รูปทรงของภาชนะบรรจุมีขนาดไม่เท่ากันตลอด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความกว้างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในการกระจายตัว เพื่อป้องกันผงซักฟอกไหลไปชนกับผนังของภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ผงซักฟอกไหลย้อนกลับมารวมกันบริเวณกลางภาชนะเป็นกองเดียว และเกิดปรากฏการณ์แยกชั้นของผงซักฟอกเหมือนที่กล่าวไว้ข้างต้น

3. ขนาดของช่องที่เจาะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายตัวของผงซักฟอก

ขนาดของช่องที่เจาะไว้ควรจะมีความกว้างมากพอ ที่จะทำให้ผงซักฟอกสามารถไหลลงไปได้อย่างไม่ติดขัด และนอกจากนี้จำเป็นจะต้องมีลิ้นพับขึ้นมาคล้ายกับกำแพงบริเวณช่องที่เจาะไว้ เพื่อป้องกันการกระโดดข้ามช่องที่เจาะไว้ของผงซักฟอกดังรูปที่ 2.9

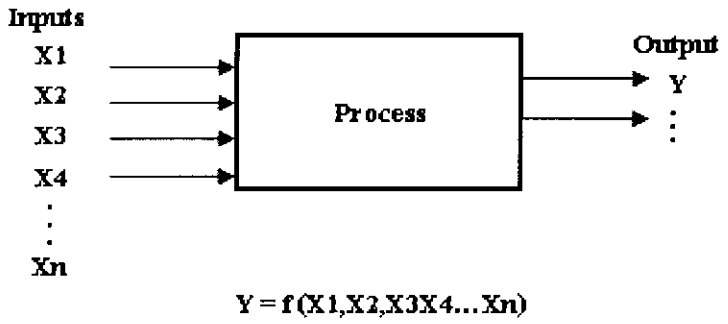


รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของตัวกระจายผงซักฟอกที่ถูกผลิตขึ้นใช้จริง

2.7 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของ Input (Factors) อย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ Output ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

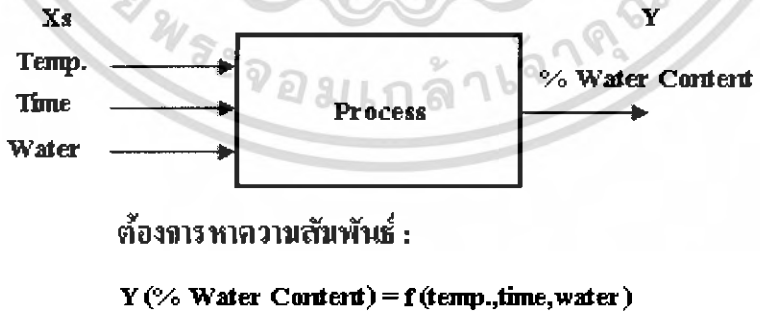


รูปที่ 2.10 ระบบของการออกแบบการทดลอง

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่ากระบวนการมีปัจจัย (Factor) หรือ Input (X1, X2, X3, X4) ต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่า Y ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพ (Quality Characteristic) ของกระบวนการ ในการออกแบบการทดลองที่จะทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติของ Y และ X ต่างๆ โดยที่พยายามใช้ทรัพยากรในการทดลองให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้าต้องการจะหุงข้าวที่มีคุณภาพดี ปกติข้าวมีคุณลักษณะด้านคุณภาพหลายอย่างของข้าวที่ต้องการ เช่นความหอม ความอร่อย ความสะอาด ความนุ่มของข้าว แต่ในที่นี้เพื่อมิให้ตัวอย่างซับซ้อนจนเกินไปจะสนใจเรื่องความนุ่มของข้าวแต่เพียงอย่างเดียว ในการทำการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) จำเป็นต้องมีคุณลักษณะทางคุณภาพ หรือ Output (Y) ที่มีค่าเชิงปริมาณ (Quantitative Value) หรือเป็นตัวเลข ในที่นี้สมมุติว่าวัดความนุ่มของข้าวทางอ้อมโดยใช้ เปอร์เซ็นต์ของน้ำ (Water Content) หลังการหุงข้าวเป็น Y (หรือตัวแปรตาม)

จากการสำรวจความต้องการของลูกค้าเราพบว่า เปอร์เซ็นต์ ของน้ำที่เหมาะสมคือ 50% ถ้าสูงไปข้าวจะนิ่มเกินไป แต่ถ้าต่ำเกินไปข้าวก็จะแข็งเกินไป ดังนี้การทำการออกแบบการทดลอง ครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายที่จะปรับหรือตั้งค่ากระบวนการเพื่อให้ข้าวที่มีคุณลักษณะทางคุณภาพตรงตามความของลูกค้าคือมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำ 50% ปัญหาคือจะปรับหรือตั้งค่ากระบวนการอย่างไรดี



รูปที่ 2.11 ระบบของการออกแบบการทดลองกระบวนการหุงข้าว

รูปที่ 2.11 เกิดจากทีมงานที่ทำการออกแบบการทดลอง ได้ระบุถึงปัจจัยหรือ Input ที่น่าจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำในข้าว จะเห็นว่ากระบวนการหุงข้าวมีปัจจัยที่สนใจได้แก่ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำ ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบการทดลองจะทำการทดลองเพื่อหาว่า อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำ (หรือตัวแปรอิสระ Xs) ส่งผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำ (Y) อย่างไร

ขั้นตอนต่อไปจะใช้ทีมงานระดมสมองเพื่อหาว่า ถ้าต้องการเปอร์เซ็นต์ของน้ำหลังการหุงเท่ากับ 50% ควรจะปรับ อุณหภูมิ เวลา และปริมาณน้ำ ในช่วงใดจึงจะเหมาะสม ใน ขั้นตอนนี้จำเป็นต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอยู่บ้างเพื่อที่จะประมาณหาช่วงของค่า Xs ต่างๆ ที่เหมาะสม หลังจากนั้นเราจะกำหนดเป็นค่า low (-1) และ high (+1) ของการทดลอง จากการระดมสมองดังกล่าวเราได้ค่าดังนี้

ตารางที่ 2.2 กำหนดค่าตัวแทนของแต่ละปัจจัย

Setting	Low(-1)	High(+1)	หน่วย
Temp	120	140	°c
Time	5	10	นาที
Water	1	2	ลิตร

ทีมงานคาดว่า ค่าที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำหลังการหุงเท่ากับ 50% น่าจะอยู่ในช่วงนี้ แต่ไม่ทราบว่าอยู่ที่จุดใดแน่ ถ้าสามารถหาความสัมพันธ์

Y (% Water Content) = f (Temp , Time , Water)

จะทำให้เราสามารถปรับค่าปัจจัยต่างๆ ได้โดยง่าย ต่อจากนั้นทีมงานทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกกำหนดไว้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ผลการทดลองในสภาวะต่างๆ

Run	Factor			%Water Content			
	Temp (°c)	Time (min)	Water (l)	y_1	y_2	y_3	y_{avg}
1	120	5	1	71.01	68.91	70.07	70
2	140	5	1	61.36	60.45	61.81	61
3	120	10	1	57.84	56.82	56.34	57
4	140	10	1	38.3	37.27	38.44	38
5	120	5	2	78	77.95	78.05	78
6	140	5	2	67.5	66.74	66.76	67
7	120	10	2	63	63.1	62.9	63
8	140	10	2	46	45.84	46.16	46

จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าการทดลองนี้ประกอบไปด้วยสภาวะการทดลองจำนวน 8 สภาวะ ซึ่งมักถูกเรียกว่า Run โดยที่แต่ละสภาวะจะมีการปรับปัจจัยต่างๆที่ต่างกัน เกิดเป็นการผสมของปัจจัยต่างๆ หลายแบบ ส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างๆของปัจจัยเหล่านี้ถูกออกแบบมาโดยนักสถิติ เราจึงเรียกการทดลองแบบนี้ว่า การออกแบบการทดลอง แต่ละสภาวะจะวัดค่าเปอร์เซ็นของน้ำจำนวน 3 ค่า ซึ่งเรียกค่าที่วัด 3 ค่านี้ว่า 3 ซ้ำ ในการทำการออกแบบการทดลองจำเป็นต้องมีการทดลองซ้ำเพื่อที่จะนำไปคำนวณหานัยสำคัญทางสถิติต่อไป ข้อมูลจากการทดลองดังกล่าวทำให้สามารถสร้างสมการทางสถิติได้ตามสมการที่ 2.3 ดังนี้

สมการต้นแบบ

$$\% \text{ water content} = 60 - 7*\text{Temp.} - 9*\text{Time} + 3.5*\text{water} - 2*\text{Temp.}*\text{Time} + 0.5*\text{Temp.}*\text{Time}*\text{Water} \qquad (2.3)$$

หมายเหตุ : สมการที่ 2.3 นี้เป็นสมการต้นแบบ คือหากจะแทนค่าเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำต้องแทนค่าตัวแปรต่างๆ เป็นค่า code เช่น ถ้าจะแทนค่าอุณหภูมิเท่ากับ 120° C ลงในสมการต้องแทนค่าด้วย -1 ถ้าจะแทนค่าอุณหภูมิเท่ากับ 140° C ลงในสมการต้องแทนค่าด้วย +1 จากสมการที่ 2.3 สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของน้ำเท่ากับ50%

ตัวอย่างเช่นสภาวะหนึ่งได้แก่ อุณหภูมิเท่ากับ 116.33° C เวลาเท่ากับ 8 นาที ปริมาณน้ำเท่ากับ 1 ลิตร จะเห็นได้ว่าสภาวะเหมาะสมที่ได้ไม่จำเป็นต้องมีค่าเหมือนสภาวะที่ทำการทดลองมาและบางครั้งอาจออกนอกช่วงที่ทำการทดลองเล็กน้อย ค่าที่ใช้ในการปรับสถาวะของกระบวนการดังกล่าวจะช่วยทำให้เรามีกระบวนการที่มีการทำงานอย่างเหมาะสมตรงตามความต้องการของลูกค้า

จากตัวอย่างการใช้การออกแบบการทดลอง ที่ผ่านมาอาจเป็นได้ว่ามีกระบวนการในบริษัทอีกมากมายที่อาจนำเทคนิคการออกแบบการทดลองไปประยุกต์ใช้ได้ ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่าในอุตสาหกรรมนั้นการใช้เทคโนโลยีมักนำหน้าความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมอยู่มากทำให้ไม่ทราบความสัมพันธ์ $Y = f(Xs)$ ที่แท้จริง การใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่จะหาความสัมพันธ์ $Y = f(Xs)$ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์เชิงสถิติที่แม้อาจไม่ถูกต้องแม่นยำเท่าความสัมพันธ์ที่แท้จริงแต่ก็เพียงพอที่จะทำการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการได้อย่างรวดเร็วอันเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในยุคที่มีการแข่งขันกันสูงอย่างเช่นในปัจจุบัน

โดยสรุปการออกแบบการทดลอง เป็นเครื่องมือคุณภาพตัวหนึ่งซึ่งจะมีทำการทดลองตามรูปแบบที่ได้ถูกออกแบบไว้เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ แล้วสร้างเป็นสมการทางสถิติซึ่งเป็นความสัมพันธ์แบบประมาณการระหว่างค่าตัวแปรอิสระ (ซึ่งมักเป็น Quality Characteristics) กับตัวแปรตาม (ซึ่งมักเป็น Process/Product Variables) อันจะช่วยอำนวยประโยชน์ในการปรับกระบวนการเพื่อให้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ

2.8 การทดลองแบบผสม

การออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture Design) ใช้ปัจจัยที่เป็นเชิงปริมาณตั้งแต่ 2 ปัจจัยเป็นต้นไป โดยปัจจัยนั้นๆ จะมีความเกี่ยวเนื่องกัน ซึ่งปริมาณของแต่ละปัจจัยเมื่อรวมกันจะเป็น 100% กล่าวคือ เมื่อปัจจัยหนึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ย่อมทำให้ปัจจัยอื่นๆ มีสัดส่วนลดลง ซึ่งแตกต่างจากการทดลองที่ไม่ใช่การทดลองแบบผสม ที่ตัวแปรแต่ละตัวจะเป็นอิสระจากกัน ต้นแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงการทดลองแบบผสม ตัวแปรทุกตัวรวมกันได้ 100% ดังรูปที่ 2.12 (Hu, 1999) ดังนั้นต้นแบบการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear) ของการทดลองแบบผสม จึงไม่มีค่าคงที่ หรือ เทอม β_0 และ $\beta_{ij} X_i^2$ โดยต้นแบบการถดถอยเชิงเส้นตรงใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

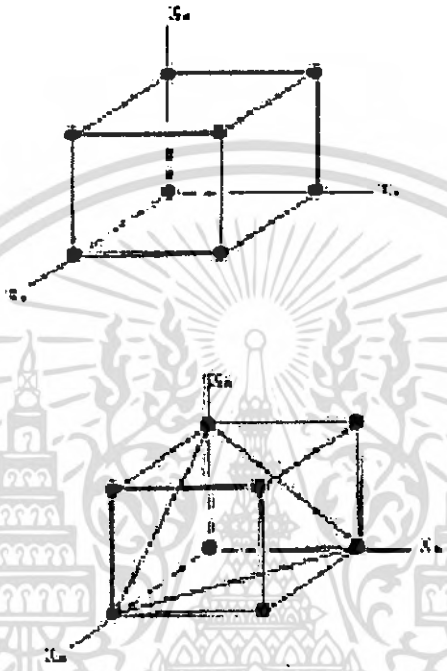
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สมการเชิงเส้นตรง

ต้นแบบการถดถอยเชิงเส้นตรง

$$\hat{Y} = \sum \beta_1 X_1 \qquad (2.4)$$

$$\hat{Y} = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3$$



รูปที่ 2.12 ลักษณะการทดลองที่เป็นแบบผสม และไม่ใช่แบบผสม

83055

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานในการปรับปรุงกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา ซึ่งทำการมุ่งเน้นในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาโดยการเพิ่มค่าค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา (C_{pk}) มีขั้นตอนต่างๆดังนี้

1. การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิต
2. สรุปปัญหาของกระบวนการผลิตผงซักฟอก
3. เตรียมการแก้ไขปัญหา
4. ทำการแก้ไขปัญหา

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิต

การศึกษากระบวนการผลิตของผงซักฟอก ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยเข้าไปศึกษาจากพื้นที่จริงในโรงงาน และสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการ ได้แก่ หัวหน้าสายการผลิต และพนักงานตามแผนกต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกสาเหตุหลักของปัญหาที่จะทำการแก้ไขในการปรับปรุงกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาด้วยวิธีต่างๆ พร้อมกับปรึกษากับวิศวกรในโรงงาน

3.1.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอก

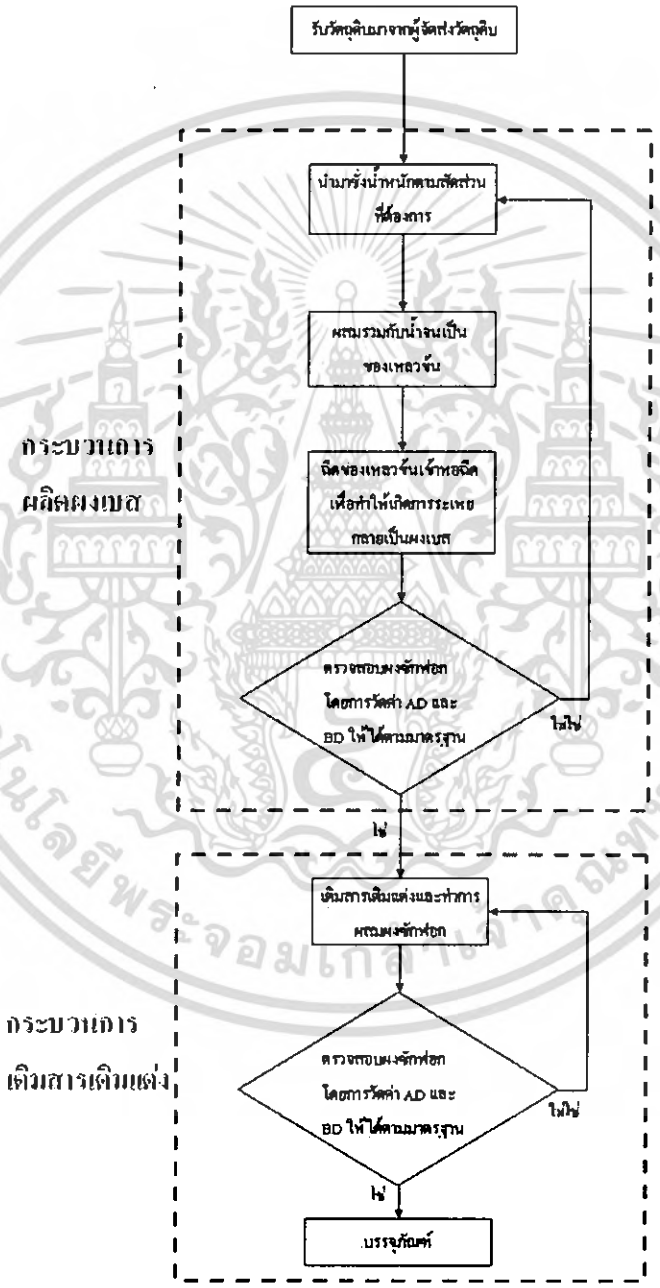
บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด ผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา 3 ยี่ห้อ คือ บรีสเพาเวอร์ 2 พลังซัก บรีส คัลเลอร์ และโอโม ซึ่งกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาสามารถแบ่งกระบวนการผลิตออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการผลิตผงเบส (Based Powder) และส่วนของการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา (Finished Powder) ทั้ง 2 ส่วนได้มีการวัดค่าประสิทธิภาพของผงซักฟอก (Active Detergent , AD) เพื่อนำมาคำนวณหาค่า C_{pk}

จากรูปที่ 3.1 ในกระบวนการผลิตผงเบส เริ่มจากการนำวัตถุดิบต่างๆตามสูตรของบริษัทมาผสมกับน้ำและผสมให้เข้ากันจนกลายเป็นของเหลวข้น หลังจากนั้นส่งของเหลวข้นไปที่หอฉีด (Spray Drying Tower) เพื่อฉีดของเหลวข้นออกมาเป็นฝอยโดยผ่านลมร้อนภายในหอฉีด เพื่อให้น้ำในของเหลวข้นระเหยออกไปกลายเป็นผงเบสในส่วนนี้จะมีการวัดค่า AD

กระบวนการเติมสารเติมแต่งลงในผงเบส (Post Dosing) เริ่มจากผงเบสจะถูกส่งออกมาตามสายพานเพื่อเติมสารเติมแต่ง (Additive) ในการเติมสารเติมแต่งขึ้นอยู่กับยี่ห้อของผงซักฟอก แต่ละยี่ห้อมีสูตรส่วนประกอบของสารเคมีที่แตกต่างกัน ต่อมาทำการผสมให้เข้ากันในถังผสม (Drum Mixer) จึงกลายเป็นผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา หลังจากนั้นมีการตรวจวัดค่า AD ต่อมาลำเลียงผงซักฟอกไปพักเก็บไว้ที่ถัง Mass Flow และ ถัง Fluidizer แล้วส่งต่อไปยังสายการผลิต A, B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ C เพื่อทำการบรรจุภัณฑ์ ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงได้ไปศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา พบว่าค่า AD ของผงเบสมีค่าความผันแปรน้อย ทำให้ค่า C_{pk} มีค่าสูง ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นไปตามเป้าหมายของทางบริษัท ส่วนขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดามีการตรวจวัด ค่า AD พบว่าค่า AD มีค่าความผันแปรมาก ทำให้ค่า C_{pk} มีค่าน้อยเท่ากับ 0.60 ซึ่งต่ำกว่าค่าที่บริษัทตั้งเกณฑ์ไว้คือ 1.33

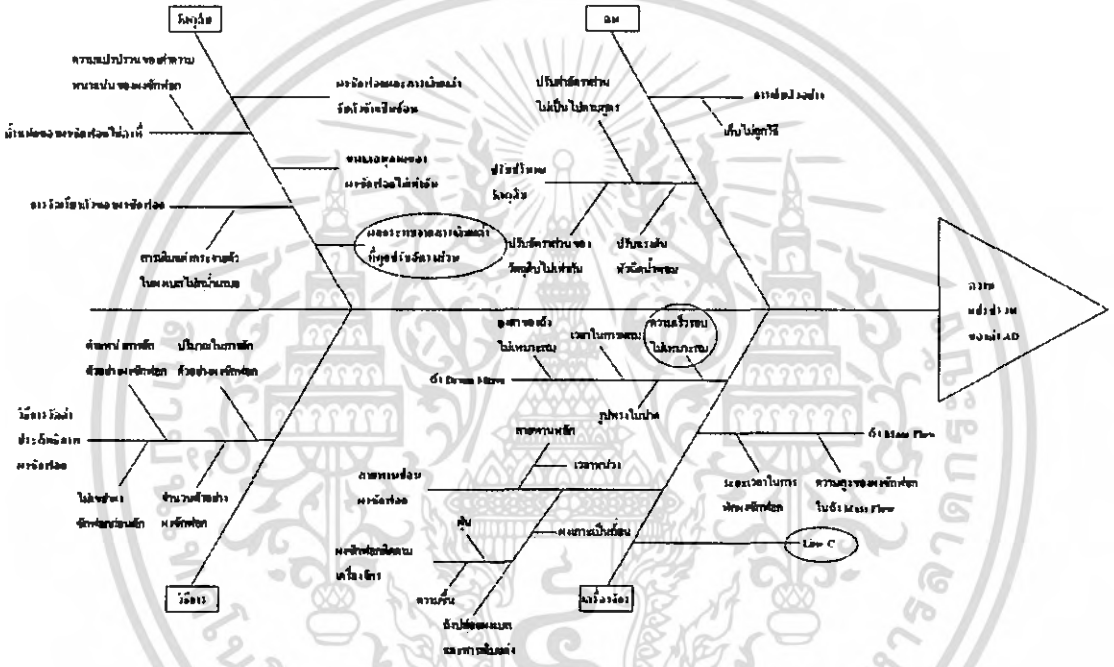


รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วิเคราะห์กระบวนการผลิตเพื่อกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา พบว่าในส่วนของกระบวนการเติมสารเติมแต่ง มีค่า C_{pk} ค่อนข้างน้อย และค่าดังกล่าวไม่เป็นไปตามเป้าหมายของทางบริษัท ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงเลือกดำเนินการแก้ไขในส่วนนี้ โดยขั้นแรกเริ่มจากนำข้อมูลขั้นตอนกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาในส่วนของกระบวนการเติมสารเติมแต่ง และกระบวนการในส่วนอื่นที่มีความเกี่ยวเนื่องกับกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดามาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลทำให้ค่า AD มีค่าน้อย โดยใช้แผนผังสาเหตุและผล ดังรูปที่ 3.2 เพื่อหาสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความผันแปรของค่า AD



รูปที่ 3.2 แผนผังสาเหตุและผลวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของค่า AD

จากการวิเคราะห์ดังรูปที่ 3.2 พบว่ามีปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าความผันแปรของค่า AD ทั้งหมด 12 ปัจจัย ดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอก (Bulk Density, BD) ในสายการผลิต C
2. อัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก
3. การปรับปริมาณสารเติมแต่งในผงซักฟอก
4. รูปร่างและขนาดของใบปาดภายในถังผสมผงซักฟอก
5. ความสูงของผงซักฟอกในถังพักผงซักฟอก
6. ระยะเวลาในการพักผงซักฟอกในถังพักผงซักฟอก
7. ทิศทางการปล่อยผงซักฟอกลงถังพักผงซักฟอก
8. เวลาหน่วงก่อนปล่อยสารเติมแต่ง
9. แรงดันของหัวฉีดน้ำหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ตำแหน่งการตักผงซักฟอกในการวัดค่า AD
11. จำนวนตัวอย่างที่เก็บผงซักฟอกในการวัดค่า AD
12. ตำแหน่งของขาพักผงซักฟอกที่ทำการเก็บตัวอย่าง

3.2 สรุปปัญหาของกระบวนการผลิตผงซักฟอก

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา ทางกลุ่มผู้วิจัยได้พบปัจจัยที่จะทำการแก้ไขทั้งหมด 12 ปัจจัย แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านเงินทุน แรงงาน และเครื่องจักร ทำให้จำเป็นต้องคัดเลือกปัจจัยที่จะทำการแก้ไขที่สำคัญที่สุด ซึ่งจากการประชุมและปรึกษากับวิศวกรทางโรงงาน สามารถสรุปออกมาได้ 3 ปัจจัย ได้แก่

1. ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C
2. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก
3. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ได้นั้น เกิดจากการสมมติฐานด้วยเหตุผลและประสบการณ์จริงเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดลองเพื่อสรุปปัญหาที่แท้จริง

3.2.1 การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

การวางแผนและการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาทีละปัจจัยว่าปัจจัยที่กำหนดมาทั้ง12 ปัจจัยส่งผลต่อค่า AD หรือไม่ โดยทางกลุ่มผู้วิจัยทำการวางแผนและออกแบบการทดลองพร้อมกับผู้เชี่ยวชาญของบริษัท เพื่อหาปัจจัยที่สำคัญและสามารถดำเนินการแก้ไขปัญหาได้จริง

3.2.2 กำหนดปัญหาที่มีผลต่อค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดา

จากการออกแบบการทดลองพร้อมผู้เชี่ยวชาญของบริษัทและคัดเลือกปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า AD มากที่สุดโดยวิเคราะห์จากแผนผังสาเหตุและผลวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อค่าความผันแปรของค่า AD สามารถเลือกปัจจัยที่สำคัญได้เพียง 3 ปัจจัยจาก 12 ปัจจัย เพราะบางปัจจัยไม่สามารถแก้ไขได้ด้วยข้อจำกัดด้านเงินทุน ด้านแรงงานและด้านเครื่องจักร ปัจจัยที่สำคัญ 3 ปัจจัยคือ

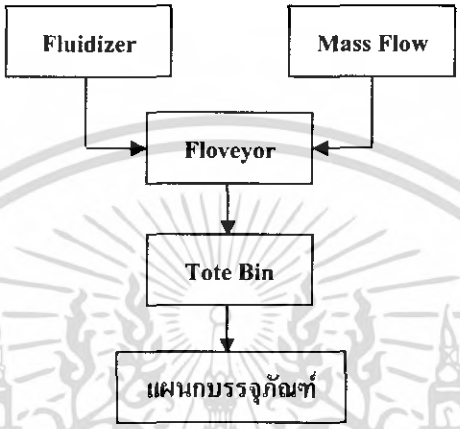
1. ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C
2. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก
3. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

3.2.2.1 <u>ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C</u>

ปัญหาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C มีกระบวนการผลิตผงซักฟอก โดยเริ่มจากผงซักฟอกที่ถูกพักเก็บในถัง Mass Flow และถัง Fluidizer ไหลผ่านสายการผลิต C ที่มีเครื่องจักร Floveyor จากนั้นผงซักฟอกถูกส่งต่อไปยังแผนกบรรจุภัณฑ์ (Packing Line) โดยผ่านถัง Tote Bin ซึ่งสายการผลิต C เป็นสายการผลิตเดียวที่ผงซักฟอกมีค่า BD ต่ำกว่าเกณฑ์ โดยค่า BD ที่วัดได้คือ 0.46 ทำให้ปริมาณผงซักฟอกเพิ่มมากขึ้นจากเดิม จึงไม่สามารถบรรจุผงซักฟอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำเร็จรูปใส่ซองบรรจุภัณฑ์ได้ พนักงานจึงได้ทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยทำการปรับเปลี่ยนสูตรการผลิตตามความเคยชินเพื่อให้ผงซักฟอกสามารถบรรจุภัณฑ์ได้ ในการปรับสูตรผงซักฟอกแต่ละครั้งจะทำการเพิ่ม-ลด ปริมาณสารเติมแต่ง จึงส่งผลให้ปริมาณผงเบสมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งผงเบสมีส่วนผสมของสารประสิทธิภาพของผงซักฟอกเป็นส่วนประกอบ ทำให้สารประสิทธิภาพของผงซักฟอกมีการเปลี่ยนแปลงเช่นกัน



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาในสายการผลิต C

จากรูปที่ 3.3 ทำการศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาในสายการผลิต C โดยฝ่ายการผลิตสันนิษฐานว่า ปัญหาค่า BD ของผงซักฟอกสำเร็จรูปชนิดธรรมดาที่ไหลผ่านสายการผลิต C มีค่าลดลงเพราะเครื่องจักร Floveyor ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำออกแบบการทดลอง เพื่อศึกษาสิ่งที่ฝ่ายการผลิตสันนิษฐานว่าเป็นปัญหานั้นเป็นความจริงหรือไม่ โดยเก็บตัวอย่างผงซักฟอก 5 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 15 ตัวอย่าง ระยะเวลาเก็บตัวอย่างห่างกัน 5 นาที จุดที่เก็บคือ

ตำแหน่งที่ 1. ก่อนเข้า Floveyor คือ หลังออกจากถัง Fluidizer

ตำแหน่งที่ 2. หลังออก Floveyor คือ ก่อนเข้า Tote Bin 1

ตำแหน่งที่ 3. หลังออก Floveyor คือ ก่อนเข้า Tote Bin 2

ตำแหน่งที่ 4. หลังออก Floveyor คือ ก่อนเข้า Tote Bin 3

ตำแหน่งที่ 5. แผนกบรรจุภัณฑ์

ผลการวิเคราะห์ปัญหาที่สายการผลิต C ในเชิงสถิติ

ทดสอบสมมติฐาน $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

โดย μ_1 = ค่าเฉลี่ย BD ณ ตำแหน่งก่อนเข้า Floveyor

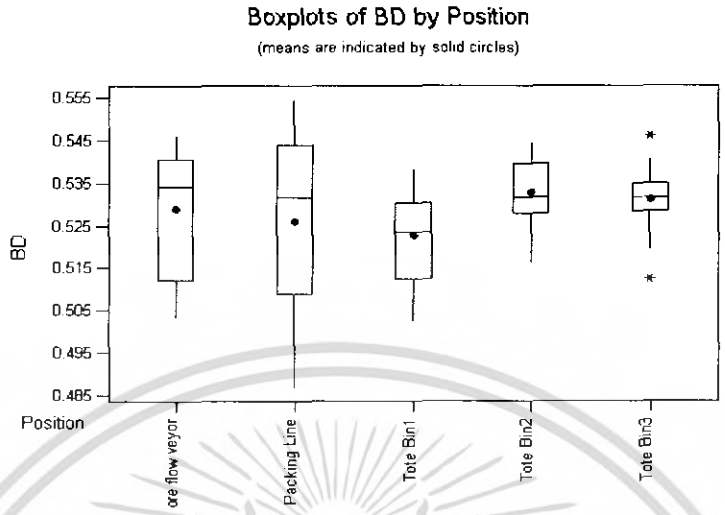
μ_2 = ค่าเฉลี่ย BD ณ ตำแหน่งก่อนเข้า Tote Bin 1

μ_3 = ค่าเฉลี่ย BD ณ ตำแหน่งก่อนเข้า Tote Bin 2

μ_4 = ค่าเฉลี่ย BD ณ ตำแหน่งก่อนเข้า Tote Bin 3

μ_5 = ค่าเฉลี่ย BD ณ ตำแหน่งแผนกบรรจุภัณฑ์

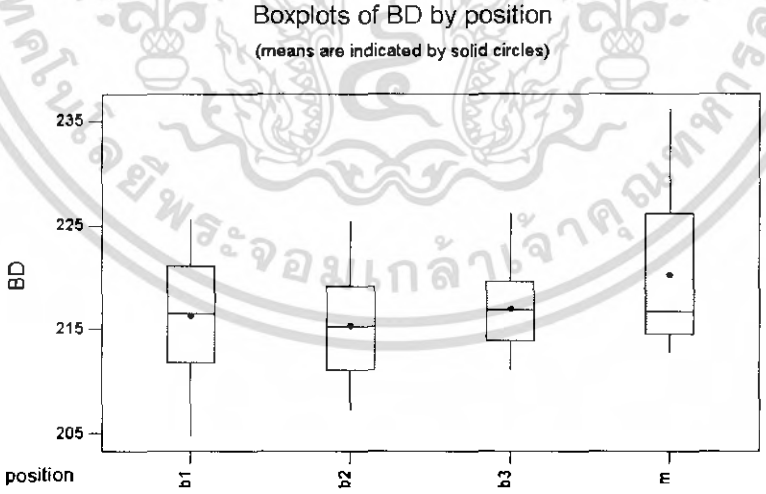
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบค่า BD ของผงซักฟอกที่ออกจากถัง Fluidizer แต่ละตำแหน่ง

จากการวิเคราะห์ทางเชิงสถิติได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.318 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่าค่า BD แต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.4

หลังจากนั้นได้ทำการทดลองซ้ำเช่นเดิมแต่เปลี่ยนการเก็บตัวอย่างผงซักฟอกในตำแหน่งที่1 หลังออกจากถัง Fluidizer เป็นการเก็บตัวอย่างผงซักฟอกหลังออกจากถัง Mass Flow โดยจะเก็บตัวอย่างที่ถัง Mass Flow และเก็บ ณ ตำแหน่งต่างๆ เหมือนการทดลองครั้งแรก

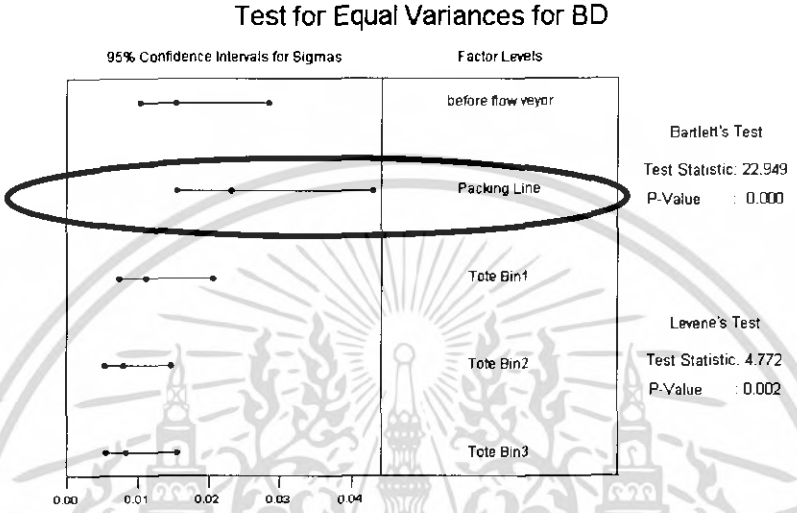


รูปที่ 3.5 เปรียบเทียบค่า BD ของผงซักฟอกที่ออกจากถัง Mass Flow แต่ละตำแหน่ง

จากการวิเคราะห์ทางเชิงสถิติได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.323 ซึ่งมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงยอมรับสมมติฐานหลัก สรุปได้ว่าค่า BD แต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกันแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.5 การทดลองพบว่าผงซักฟอกก่อนเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Floveyor (ผงซักฟอกที่ออกจากถัง Mass Flow และ Fluidizer) และผงซักฟอกที่หลังจากออก Floveyor มีค่า BD ต่างกันอย่างไร โดยวิเคราะห์ปัญหาสายการผลิต C ทางเชิงสถิติ ผลที่ได้คือ ค่า BD แต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าผงซักฟอกเมื่อผ่าน Floveyor ค่า BD ไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 3.6 ค่าความผันแปรของค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกแต่ละตำแหน่ง

จากการทดลอง 2 การทดลองที่กล่าวมา เห็นได้ว่า Floveyor ไม่มีผลทำให้ค่า BD ลดลงแต่ค่าความผันแปรของค่า BD ในแต่ละจุดที่เก็บตัวอย่าง มีค่าแตกต่างกัน โดยพบว่า ที่แผนกบรรจุภัณฑ์ มีค่าความผันแปรมากที่สุด ดังรูปที่ 3.6 เป็นผลมาจากการไหลของผงซักฟอกภายใน Tote Bin เป็นแบบการไหลแบบ Funnel Flow Pattern โดยผงซักฟอกที่อยู่ตรงกลางซึ่งมีอนุภาคเล็กจะไหลออกมาก่อนแล้วผงซักฟอกที่อยู่ข้างถังซึ่งมีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าจะไหลออกมาทีหลังทำให้เกิดค่าความผันแปรของค่า BD ส่งผลให้ค่า BD ของผงซักฟอกที่จะส่งไปยังแผนกบรรจุภัณฑ์มีค่าลดลง

3.2.2.2 <u>การกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก</u>

การทดลองหาค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบที่เหมาะสมของถังผสมโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (Design of Experimental, DOE) มีสาเหตุมาจากการผสมผงซักฟอกในถังผสมยังไม่มีการกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก พนักงานยังคงปรับค่าด้วยความเคยชิน ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงทำการทดลองเก็บข้อมูลผงซักฟอกยี่ห้อ บรีสเพาเวอร์ 2 พลังซัก ตามแผนการทดลองดังตารางที่ 3.1 เพื่อต้องการทราบว่าค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบมีผลต่อค่า BD อย่างไรโดยทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้งแล้ววัดหาค่า BD เพื่อกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก

3.2.2.3 <u>การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก</u>

การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก จากสภาพปัจจุบันเมื่อกระบวนการผลิตผงซักฟอกเกิดปัญหาซึ่งได้แก่ ค่า BD ของผงซักฟอกที่ผลิตได้มีค่าต่ำหรือสูงเกินค่าที่ทางบริษัทตั้งเกณฑ์ยอมรับได้ ทางฝ่ายกระบวนการ

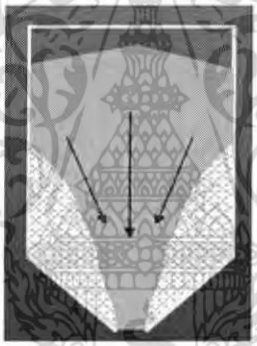
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตจะทำการปรับสูตรการผลิตของผงซักฟอก เพื่อเพิ่มหรือลดค่า BD ให้ได้ตามมาตรฐาน โดยสารเติมแต่ง 3 ชนิดที่ถูกปรับปริมาณคือ Zeolite, Sulphate และ Soda Ash แต่ในการปรับสารเติมแต่งต่างๆพนักงานยังคงปรับด้วยความเคยชิน ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากสารเติมแต่งทั้ง 3 ชนิด ว่าสารเติมแต่งชนิดใดมีผลกระทบต่อค่า BD และ AD อย่างไร

3.3 เตรียมการแก้ไขปัญหา

หลังจากทำการสรุปปัญหาที่แท้จริงได้แล้ว จากนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยได้เตรียมการแก้ไขปัญหา โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาต่างๆเช่น ทฤษฎีการไหล ทฤษฎีการออกแบบการทดลองและศึกษาการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้องได้แก่ การใช้โปรแกรม Minitab เป็นต้น

3.3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา



รูปที่ 3.7 การไหลแบบ Funnel Flow

ศึกษาการไหลของผงซักฟอกในถัง Tote Bin เป็นการไหลแบบ Funnel Flow Pattern ผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดเล็กซึ่งอยู่ตรงกลางของถัง Tote Bin จะไหลออกมาก่อน ส่วนผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าซึ่งอยู่บริเวณด้านข้างของถัง Tote Bin จะไหลออกมาทีหลัง ทำให้เกิดค่าความผันแปรของค่า BD มีค่ามาก ดังนั้นจึงควรให้ผงซักฟอกมีรูปแบบการไหลแบบ Mass Flow เพื่อให้ผงซักฟอกไหลลงเป็นระดับพร้อมๆกัน ทำให้ค่าความผันแปรของค่า BD มีค่าลดน้อยลง

3.3.2 วิเคราะห์และกำหนดแผนการแก้ไขปัญหา

การวิเคราะห์และกำหนดแผนการแก้ไขของปัญหาแต่ละปัจจัยมีดังนี้

1. จัดทำแบบจำลอง Tote Bin ให้เป็นรูปทรงกรวยโดยเทียบอัตราส่วนจากขนาดจริงเพื่อให้มีการไหลของผงซักฟอกเป็นแบบ Mass Flow Pattern และขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญของบริษัท เพื่อออกแบบตัวกระจายผงซักฟอก (Distributor) ให้อนุภาคของผงซักฟอกมีการกระจายตัวมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การออกแบบการทดลองโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลองและใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางเชิงสถิติ โดยทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ ค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก โดยทำการทดลองซ้ำ 6 ซ้ำ

3. การออกแบบการทดลองการปรับสารเติมแต่งที่สำคัญ 3 ชนิด คือ Zeolite, Sulphate และ Soda Ash ในปริมาณที่แตกต่างกัน และนำมาวัดค่า BD และ AD เพื่อทำการวิเคราะห์ผล

3.4 ทำการแก้ไขปัญหา

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้เริ่มทำการแก้ไขปัญหาตามแผนการแก้ไข โดยเริ่มจากการแก้ไขปัญหาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C การกำหนดค่าที่เหมาะสมของอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอกโดยใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง และการกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก ตามลำดับ

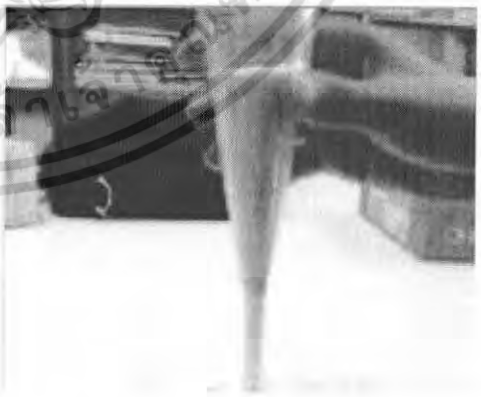
3.4.1 ทดลองใช้แผนการแก้ปัญหาในสายการผลิต C

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการแก้ปัญหาในสายการผลิต C โดยเริ่มจากการเปรียบเทียบการไหลของผงซักฟอกภายใน Tote Bin (แบบเดิม) กับ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) การทดสอบการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก และการทดสอบการใช้งานของ Tote Bin แบบต่างๆ ดังนี้

3.4.1.1 <u>การเปรียบเทียบการไหลของผงซักฟอกใน Tote Bin (แบบเดิม) กับ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)</u>

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลอง Tote Bin (แบบเดิม) มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ดังรูปที่ 3.8 และ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่มีลักษณะเป็นทรงกรวย ดังรูปที่ 3.9 โดยทำการทดลองจริงกับผงซักฟอก เพื่อศึกษาทิศทางการไหลของผงซักฟอก

รูปที่ 3.8 แบบจำลอง Tote Bin (แบบเดิม)



รูปที่ 3.9 แบบจำลอง Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบว่า Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) มีการไหลของผงซักฟอกที่ดีกว่าโดยผงซักฟอกจะไหลเป็นระดับที่เท่ากันสม่ำเสมอ ทำให้ผงซักฟอกที่มีขนาดอนุภาคขนาดเล็กและใหญ่เกิดการแยกชั้นกันน้อยลง หลังจากนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยจึงเสนอผลการทดลองให้ผู้จัดการฝ่ายการผลิตผงซักฟอกได้รับทราบและเสนอให้มีการปรับปรุงรถ Tote Bin

3.4.1.2 การทดสอบการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก

หลังจากการทดลองหารูปทรงของรถ Tote Bin ที่ดีได้แล้ว ทางกลุ่มผู้วิจัยได้เพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายตัวของอนุภาคของผงซักฟอกให้ดียิ่งขึ้น โดยทำการออกแบบตัวกระจายผงซักฟอกให้ได้ขนาดที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของอนุภาคของผงซักฟอกมากที่สุด

รูปที่ 3.10 การกระจายตัวของอนุภาคเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอก

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลองตัวกระจายผงซักฟอก ที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว โดยเทียบจากขนาดรถ Tote Bin มีขนาดมุมยอดดังนี้ มุม 30, 60 และ 90 องศา โดยทำการปล่อยผงซักฟอกผ่านตัวกระจายผงซักฟอก และศึกษาเส้นทางการไหลของผงซักฟอก เพื่อศึกษาหาขนาดมุมที่เหมาะสมของตัวกระจายผงซักฟอก แล้วดำเนินการสร้างตัวกระจายผงซักฟอกโดยใช้ขนาดจริง

จากการทดลองหาขนาดที่เหมาะสมของตัวกระจายผงซักฟอก พบว่าขนาดมุมยอดที่เหมาะสมคือ 60 องศา และขนาดของตัวกระจายผงซักฟอกเป็นอัตราส่วน 1/5 ของขนาดจริง เมื่อผงซักฟอกผ่านตัวกระจายผงซักฟอกที่มีขนาดมุมยอด 60 องศา จะทำให้ผงซักฟอกกระจายตัวกันเป็นกองหลายกองมากกว่ามุมอื่นๆ โดยมีความกว้างในการกระจายตัวของผงซักฟอกไม่กว้างเกินไป และอัตราเร็วในการไหลของผงซักฟอกผ่านตัวกระจายผงซักฟอก เป็นค่าที่พอดี คือไม่ทำให้ผงซักฟอกไหลข้ามช่องที่เจาะไว้บนตัวกระจายผงซักฟอก และแต่ละกองของผงซักฟอกจะมีขนาดอนุภาคเม็ดใหญ่ล้อมรอบทำให้ขนาดอนุภาคของผงซักฟอกมีการกระจายตัวดีขึ้นดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 ทดสอบการใช้งานของ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก

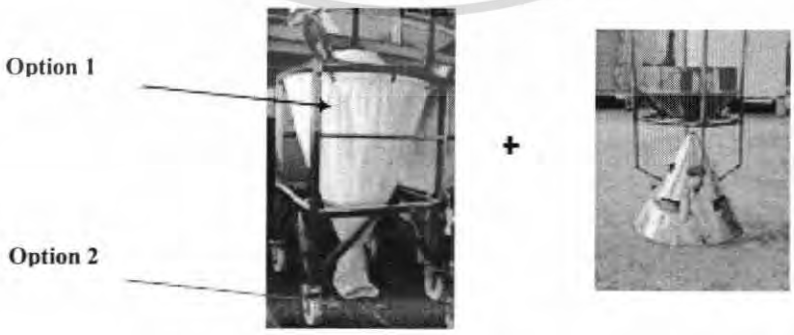
หลังจากการออกแบบหารูปทรงของรถ Tote Bin และตัวกระจายผงซักฟอกที่เหมาะสมได้แล้วดังรูปที่ 3.11 จึงนำตัวกระจายผงซักฟอกมาหาตำแหน่งการวางในรถ Tote Bin ที่เหมาะสมต่อไป

(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 3.11 Tote Bin (แบบเดิม) (ก), Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) (ข) และตัวกระจายผงซักฟอก (ค)

โดยทำการทดลองโดยใช้ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก เพื่อศึกษาว่าควรเลือกใช้รถ Tote Bin ในรูปแบบใด โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบผงซักฟอกก่อนเข้ารถ Tote Bin กับหลังออกจากรถ Tote Bin ในรูปแบบต่างๆ ว่ามีค่า BD แตกต่างกันอย่างไร โดยเก็บตัวอย่าง 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 13 ตัวอย่างระยะเวลาเก็บตัวอย่างห่างกัน 4 นาที ตำแหน่งที่เก็บคือ ก่อนเข้ารถ Tote Bin ในรูปแบบต่างๆ และ ที่แผนกบรรจุภัณฑ์ ทำการทดลอง 6 ครั้ง ได้แก่

1. Tote Bin (แบบเดิม)
2. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอก บริเวณทางออกของรถ Tote Bin
3. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอก บริเวณทางเข้าของรถ Tote Bin
4. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)
5. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอก บริเวณทางออกของรถ Tote Bin
6. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอก บริเวณทางเข้าของรถ Tote Bin



รูปที่ 3.12 ลักษณะการติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอกภายในรถ Tote Bin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 กำหนดให้ Option 1 : ติดตั้งกระจายผงซักฟอกบริเวณทางเข้าของรถ Tote Bin

Option 2 : ติดตั้งกระจายผงซักฟอกบริเวณทางออกของรถ Tote Bin

สามารถดูผลการทดสอบการใช้งานของ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตั้งกระจายผงซักฟอกได้ในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.1

3.4.2 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของการปรับอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทดลองหาค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบที่เหมาะสมของถังผสมผงซักฟอกโดย การทดลองมี 2 ปัจจัย และ 2 ระดับ คือ 1. ความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก – ค่ามากที่สุด 13 รอบ/นาที ค่าน้อยที่สุด 7 รอบ/นาที

2. อัตราการป้อน – ค่ามากที่สุด 90% ค่าน้อยที่สุด 60%

ทำการทดลองซ้ำ 6 ครั้ง ในแต่ละเงื่อนไขโดยการทดลองหาค่า AD และ BD แล้วนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอกที่มีผลกระทบต่อค่า AD และ BD สามารถดูผลการทดลองได้ในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.2

ตารางที่ 3.1 แผนการออกแบบการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Speed Drum	Feed
1	1	1	1	7	60
2	2	1	1	13	60
3	3	1	1	7	90
4	4	1	1	13	90
5	5	1	1	7	60
6	6	1	1	13	60
7	7	1	1	7	90
8	8	1	1	13	90
9	9	1	1	7	60
10	10	1	1	13	60
11	11	1	1	7	90
12	12	1	1	13	90
13	13	1	1	7	60
14	14	1	1	13	60
15	15	1	1	7	90
16	16	1	1	13	90
17	17	1	1	7	60
18	18	1	1	13	60
19	19	1	1	7	90
20	20	1	1	13	90
21	21	1	1	7	60
22	22	1	1	13	60
23	23	1	1	7	90
24	24	1	1	13	90
25	25	0	1	10	75
26	26	0	1	10	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก จะมุ่งเน้นที่ สารเติมแต่งที่สำคัญ 3 ชนิด คือ Zeolite, Sulphate และ Soda Ash ตัวอย่างผงซักฟอกที่ใช้ในการทดลอง คือ ผงซักฟอกยี่ห้อบรีสพาวเวอร์ 2 พลังซัก โดยทำการปรับปริมาณของสารเติมแต่งทั้ง 3 ชนิด ตามสัดส่วนในตารางที่ 3.1 จากนั้นจึงนำผงซักฟอกที่ได้ไปทำการวัดค่า BD และค่า AD แล้ววิเคราะห์ผลเชิงสถิติ

ตารางที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ ในการปรับค่าของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

สารเติมแต่ง	เปอร์เซ็นต์ของสารเติมแต่งที่ปรับจากสูตรปกติ					
Zeolite	-80	-60	-40	40	60	80
Sulphate	-30	-20	-10	10	20	30
Soda Ash	-60	-40	-20	20	40	60

เมื่อนำค่าเปอร์เซ็นต์ในการปรับค่า ตามตารางที่ 3.2 มาแปลงเป็นอัตราส่วนของผงซักฟอก 1 ถุง โดยในการทดลองจะใช้ตัวอย่างของผงซักฟอกสูตร 2 พลังซัก ซึ่งคิดผงซักฟอก 1 ถุงเป็น 100 % ประกอบไปด้วยผงเบส 69.11% Sulphate 14.56% Soda Ash 13.12% Zeolite 1.66% Enzyme A 0.32% Enzyme B 0.99% และ Enzyme C 0.24% ดังรูปที่ 3.13 และนำสูตรที่ได้มาสร้างแผนการทดลองดังตารางที่ 3.3

Base	Sulphate	Soda Ash	Zeolite	Enzyme A	Enzyme B	Enzyme C
69.11%	14.56%	13.12%	1.66%	0.32%	0.99%	0.24%

รูปที่ 3.13 อัตราส่วนของสารเติมแต่งต่างๆ ในผงซักฟอกสูตร 2 พลังซัก 1 ถุง

Model Summary Statistics

Source	Std. Dev.	R-Squared	Adjusted R-Squared	Predicted R-Squared	PRESS
Linear	7.757E-003	0.7078	0.6493	0.5544	1.376E-003
Quadratic	8.096E-003	0.7453	0.6180	0.3665	1.957E-003
Special Cubic	9.020E-003	0.7629	0.5258	-0.2472	3.852E-003
Cubic					+

รูปที่ 3.14 ค่า Adjusted R-Squared ของรูปแบบสมการต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคัดเลือกรูปแบบของสมการในการออกแบบแผนการทดลอง ทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกโดยดูจากค่า Adjusted R-Squared ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งรูปแบบของสมการที่มีค่า Adjusted R-Squared สูงที่สุด คือ รูปแบบสมการเส้นตรง

ตารางที่ 3.3 อัตราส่วนของสารเติมแต่งต่างๆ ในแผนการทดลอง

Std	Run	Block	Component 1 A:Base %	Component 2 B:Sulphate %	Component 3 C:Soda ash %	Component 4 D:Zeolite %	Component 5 E:Enzyme A %	Component 6 F:Enzyme B %	Component 7 G:Enzyme C %	Response 1 BD	Response 2 AD
8	1	Block 1	69.11	14.56	13.12	1.66	0.32	0.99	0.24		
3	2	Block 1	70.04	14.76	13.30	0.34	0.32	1.00	0.24		
15	3	Block 1	69.81	14.71	13.25	0.67	0.32	1.00	0.24		
17	4	Block 1	69.57	14.66	13.21	1.00	0.32	1.00	0.24		
19	5	Block 1	68.65	14.46	13.03	2.31	0.32	0.98	0.24		
4	6	Block 1	68.43	14.42	12.99	2.63	0.32	0.98	0.24		
5	7	Block 1	68.20	14.37	12.95	2.95	0.32	0.98	0.24		
1	8	Block 1	72.27	10.66	13.72	1.74	0.33	1.04	0.25		
14	9	Block 1	71.18	12.00	13.51	1.71	0.33	1.02	0.25		
13	10	Block 1	70.13	13.30	13.31	1.68	0.32	1.00	0.24		
11	11	Block 1	68.12	15.79	12.93	1.64	0.32	0.98	0.24		
16	12	Block 1	67.15	16.98	12.75	1.61	0.31	0.96	0.23		
10	13	Block 1	66.22	18.14	12.57	1.59	0.31	0.95	0.23		
2	14	Block 1	75.02	15.80	5.70	1.80	0.35	1.07	0.26		
12	15	Block 1	72.94	15.37	8.31	1.75	0.34	1.04	0.25		
6	16	Block 1	70.97	14.95	10.78	1.70	0.33	1.02	0.25		
7	17	Block 1	67.34	14.19	15.34	1.62	0.31	0.96	0.23		
9	18	Block 1	65.66	13.83	17.45	1.58	0.30	0.94	0.23		
18	19	Block 1	64.07	13.50	19.46	1.54	0.30	0.92	0.22		

ทำการทดลองเติมสารเติมแต่งต่างๆ ตามอัตราส่วนน้ำหนักดังตารางที่ 3.3 จากนั้นนำผงซักฟอกที่ผสมด้วยอัตราส่วนของสารต่างๆ ไปหาค่า AD และ BD เพื่อนำผลไปวิเคราะห์เชิงสถิติต่อไป ในบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.3

จากวิธีการดำเนินงานด้านบนทั้งหมด ทางกลุ่มผู้วิจัยจะทำการดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อนำผลจากการทดลองดังกล่าวมาวิเคราะห์และสรุปผลในเชิงสถิติต่อไปในบทที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

หลังจากการปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานแล้ว ทางกลุ่มผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลการทำงานและนำมาเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบันก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทำงานต่อไป ในช่วงการเก็บผลการทดลอง ทางกลุ่มผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลทั้งจากการรวบรวมโดยการศึกษาของทางกลุ่มผู้วิจัย และการรวบรวมข้อมูลของทางบริษัท ซึ่งสามารถแบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

1. ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอก (Bulk Density , BD) ในสายการผลิต C
2. ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก
3. ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

4.1 ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C

หลังจากศึกษาและทดลองปรับปรุงแก้ไขปัญหาค่า BD ในสายการผลิต C มีค่าน้อย มีผลการดำเนินการดังนี้

4.1.1 การเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกที่ไหลผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) กับ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)

จากหัวข้อ 3.4.1 ในบทที่ 3 ทางกลุ่มผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลอง Tote Bin (แบบเดิม) และ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) เพื่อสังเกตทิศทางการไหลของผงซักฟอกทั้ง 2 แบบ

<u>แบบที่ 1 Tote Bin (แบบเดิม)</u>

เมื่อเทผงซักฟอกลงใน Tote Bin (แบบเดิม) ผงซักฟอกจะมีการกระจายตัวเป็นกอง ผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะอยู่บริเวณส่วนกลางของ Tote Bin (แบบเดิม) และส่วนผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่กว่าจะกระจายตัวอยู่บริเวณด้านข้างของ Tote Bin (แบบเดิม) จากนั้นปล่อยผงซักฟอกออกจาก Tote Bin (แบบเดิม) ทำให้ผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดเล็กไหลออกมาก่อน ส่วนผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่จะไหลออกมาที่หลัง ซึ่งผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดเล็กจะมีค่า BD สูง ส่วนผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดใหญ่จะมีค่า BD ต่ำ ทำให้ผงซักฟอกที่ถูกปล่อยไหลออกมามีค่าความผันแปรของค่า BD สูง

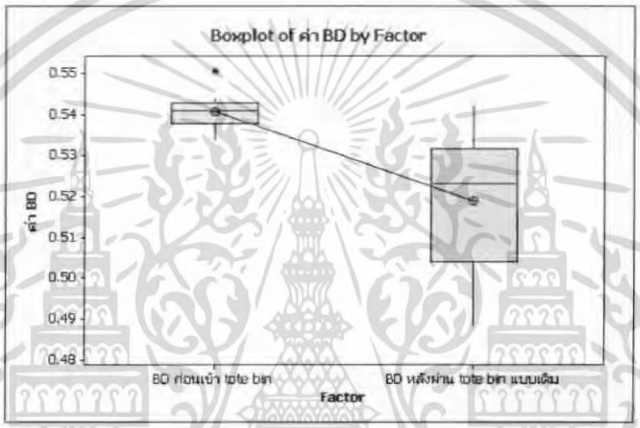
<u>แบบที่ 2 Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)</u>

เมื่อเทผงซักฟอกลงใน Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ผงซักฟอกจะมีการกระจายตัวลักษณะเหมือนกับ Tote Bin (แบบเดิม) เมื่อทำการปล่อยผงซักฟอกออกจาก Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ผงซักฟอกจะไหลลงเป็นระดับอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

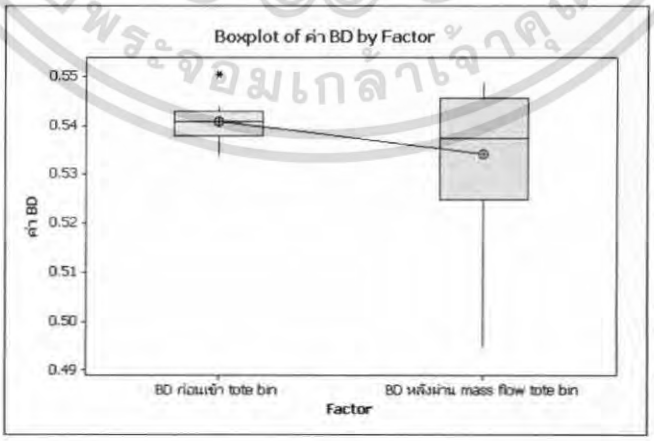
สม่ำเสมอ ผงซักฟอกที่มีอนุภาคขนาดเล็กและใหญ่จะไหลออกมาพร้อมๆ กัน ทำให้ผงซักฟอกที่ถูกปล่อยไหลออกมามีค่าความผันแปรของค่า BD น้อยกว่าแบบที่ 1

หลังจากนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยได้เสนอผลการทดลองให้ผู้จัดการฝ่ายผลิตผงซักฟอก และเสนอให้มีการปรับปรุง Tote Bin (แบบเดิม) ตามรูปแบบจำลองให้เป็น Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) แล้วทำการทดสอบการทำงานของ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) โดยเปรียบเทียบค่า BD ก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) กับหลังออกจาก Tote Bin (แบบเดิม) และเปรียบเทียบค่า BD ก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) กับหลังออกจาก Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความผันแปรของค่า BD ก่อนและหลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม)

จากรูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย BD ก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเท่ากับ 0.5416 เมื่อผงซักฟอกไหลออกจาก Tote Bin (แบบเดิม) จะมีค่าเฉลี่ยของค่า BD เท่ากับ 0.5208 ซึ่งพบว่า Tote Bin (แบบเดิม) ทำให้ค่า BD มีค่าน้อยลง และค่าความผันแปรของ BD มีค่ามากขึ้น



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าความผันแปรของค่า BD ก่อนและหลังผ่านMass Flow Tote Bin (แบบใหม่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย BD ก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเท่ากับ 0.5416 เมื่อผงซักฟอกไหลออกจาก Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) จะมีค่าเฉลี่ยของค่า BD เท่ากับ 0.5342 ซึ่งพบว่าเมื่อเปรียบเทียบค่า BD ของผงซักฟอกหลังออกจาก Tote Bin (แบบเดิม) และ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) เห็นได้ว่า Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ให้ค่า BD ที่มากกว่าและมีความผันแปรที่น้อยกว่า

4.1.2 การทดสอบการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก

ทางกลุ่มผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลองตัวกระจายผงซักฟอก (Distributor) ที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว โดยเปรียบเทียบจากขนาดรถ Tote Bin ซึ่งมีขนาดมุมดังนี้ มุม 30, 60, 90 องศา หลังจากนั้นทำการปล่อยผงซักฟอกและสังเกตเส้นทางการไหลของผงซักฟอก เพื่อศึกษาขนาดมุมที่เหมาะสมของตัวกระจายผงซักฟอก แล้วติดตั้งภายในรถ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายตัวของอนุภาคขนาดเล็กและใหญ่ให้ดียิ่งขึ้น

รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 30 องศา

จากรูปที่ 4.3 เมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอก ที่มีขนาดมุมยอด 30 องศา ทำให้ผงซักฟอกมีการกระจายตัวค่อนข้างน้อย เนื่องจากมุมที่ยอดกรวยมีขนาดน้อย ตัวกระจายผงซักฟอกจึงมีรูปทรงกรวยที่สูงและมีฐานแคบ ทำให้ผงซักฟอกไหลผ่านตัวกระจายผงซักฟอกด้วยความรวดเร็ว ทำให้ผงซักฟอกไหลข้ามช่องที่เจาะเพื่อให้เกิดการกระจายตัวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบจากขนาดมุมยอด 60 และ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 60 องศา

จากรูปที่ 4.4 เมื่อผงซักฟอกไหลผ่านตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 60 องศา จะเกิดกองผงซักฟอกหลายกองมากกว่ามุมอื่นๆ และมีความกว้างในการกระจายตัวของผงซักฟอกไม่กว้างเกิน และอัตราเร็วในการไหลผ่านตัวกระจายผงซักฟอกไม่มากเกินไปจนทำให้ผงซักฟอกไหลข้ามช่องที่เจาะไว้บนตัวกระจายผงซักฟอก

รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของผงซักฟอกเมื่อใช้ตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 90 องศา

จากรูปที่ 4.5 เมื่อผงซักฟอกผ่านตัวกระจายผงซักฟอกขนาดมุมยอด 90 องศา จะเกิดกองผงซักฟอกขนาดใหญ่กว่ามุมอื่นๆ และมีความกว้างในการกระจายตัวของผงซักฟอกมากที่สุด ซึ่งเป็นผลเสียเนื่องจากถ้ามีความกว้างในการกระจายตัวมากเกินไป อนุภาคต่างๆ จะไปกระทบกับผนังของ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ทำให้ผงซักฟอกกระจายตัวไม่สม่ำเสมอกัน

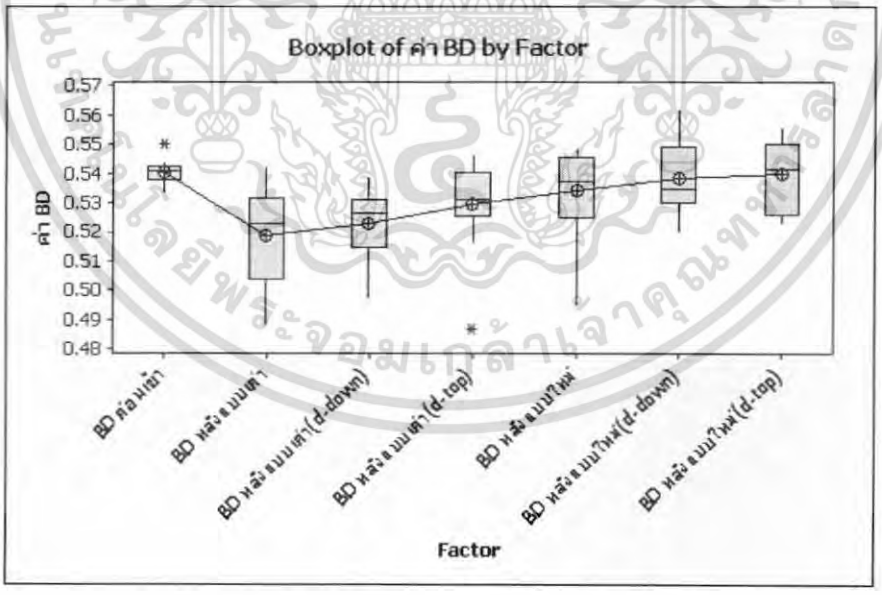
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหาขนาดที่เหมาะสมของตัวกระจายผงซักฟอก พบว่าขนาดมุมยอดที่เหมาะสมคือ 60 องศา และมีขนาดเป็นอัตราส่วน 1/5 ของขนาดจริง เมื่อผงซักฟอกผ่านตัวกระจายผงซักฟอกจะเกิดกองผงซักฟอกหลายกองและแต่ละกองมีขนาดอนุภาคเม็ดใหญ่ล้อมรอบ ทำให้ขนาดอนุภาคของผงซักฟอกมีการกระจายตัวดีขึ้น

4.1.3 การทดสอบการใช้งานของรถ Tote Bin (แบบเดิม) Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก

จากผลการทดลองในหัวข้อที่ 4.1.1 และ 4.1.2 เห็นได้ว่าทั้ง Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) และตัวกระจายผงซักฟอก ทำให้อนุภาคของผงซักฟอกกระจายตัวมากขึ้น จากนั้นทำการศึกษาเพิ่มในส่วนของการเลือกใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสม โดยการศึกษาเปรียบเทียบผงซักฟอกก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) กับหลังออกจาก Tote Bin ในรูปแบบต่างๆ (เก็บที่แผนกบรรจุภัณฑ์) ว่ามีค่า BD แตกต่างกันอย่างไร โดยทำการทดลอง 6 ครั้ง แต่ละครั้งใช้อุปกรณ์ดังนี้

1. Tote Bin (แบบเดิม)
2. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออก Tote Bin (แบบเดิม)
3. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้า Tote Bin (แบบเดิม)
4. Mass flow Tote Bin (แบบใหม่)
5. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออก Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)
6. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้า Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่)



รูปที่ 4.6 ค่า BD ของผงซักฟอก ณ ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย BD ของผงซักฟอกก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเท่ากับ 0.5416 แต่เมื่อผงซักฟอกไหลผ่าน Tote Bin ในรูปแบบต่างๆ จะได้ค่าเฉลี่ย BD ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5208

2. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออก Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5222

3. Tote Bin (แบบเดิม) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้า Tote Bin (แบบเดิม) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5332

4. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5342

5. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออก Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5386

6. Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่ติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้า Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) มีค่าเฉลี่ย BD เท่ากับ 0.5398

จากค่าเฉลี่ย BD ที่ผ่าน Tote Bin ในแต่ละแบบสามารถสรุปข้อมูลดังกล่าวได้ดังนี้

1. เมื่อวัดค่า BD ของผงซักฟอกที่ผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) จะได้ค่าความผันแปรของค่าเฉลี่ย BD มากที่สุด แต่เมื่อมีการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก หรือ Mass flow Tote Bin (แบบใหม่) ทำให้ความผันแปรของค่า BD ของผงซักฟอกที่แผนกบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีแนวโน้มที่ลดลง

2. หลังจากที่ผงซักฟอกผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) ค่าเฉลี่ย BD ของผงซักฟอกในแผนกบรรจุภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย BD ของผงซักฟอกก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม) แต่เมื่อมีการใช้ตัวกระจายผงซักฟอก หรือ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ค่า BD ของผงซักฟอกที่แผนกบรรจุภัณฑ์จะมีแนวโน้มที่สูงขึ้น

3. การติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออกและทางเข้า Tote Bin มีผลต่อค่าเฉลี่ยของ BD เห็นได้จากการติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้าของ Tote Bin (แบบเดิม) และ Mass flow Tote Bin (แบบใหม่) ให้ค่าเฉลี่ยของ BD ที่มีค่ามากกว่าการติดตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางออกของ Tote Bin

ดังนั้นควรเลือกใช้ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ที่มีการติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอกที่ทางเข้า Mass flow Tote Bin (แบบใหม่) เนื่องจากค่า BD ของผงซักฟอกที่แผนกบรรจุภัณฑ์มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิมและมีความผันแปรของค่า BD ลดลง

4.2 ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก

ทำการศึกษาค่าอัตราการป้อน (Feed) และความเร็วรอบ (Speed) ของถังผสมผงซักฟอกมีผลต่อค่า BD และ AD อย่างไร

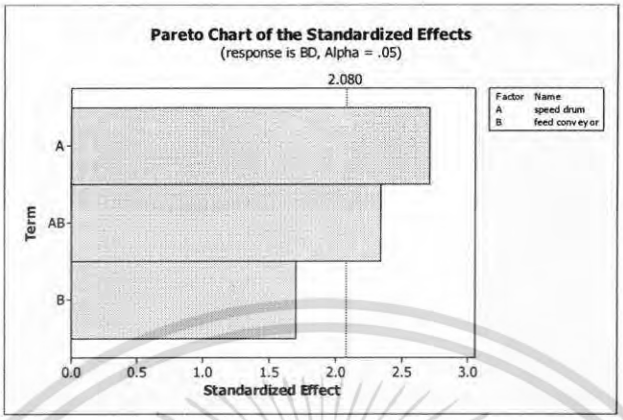
ผลการวิเคราะห์ค่า BD

Factorial Fit: BD versus speed drum, feed conveyor

Estimated Effects and Coefficients for BD (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.496613	0.002526	193.97	0.000
speed drum	0.013692	0.006846	0.002526	2.71	0.013
feed conveyor	0.008575	0.004288	0.002526	1.70	0.104
speed drum*feed conveyor	0.011808	0.005904	0.002526	2.34	0.029
Ct Pt		0.001088	0.009109	0.12	0.906

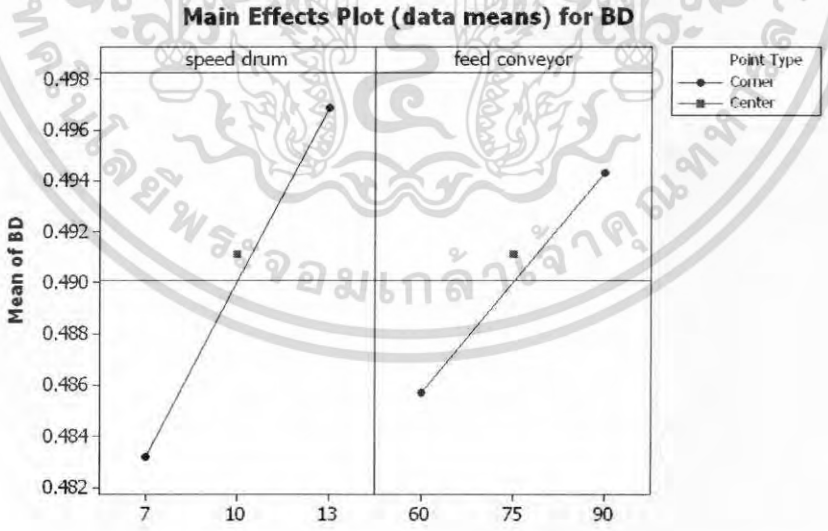
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟผลกระทบของปัจจัยต่างๆต่อค่า BD

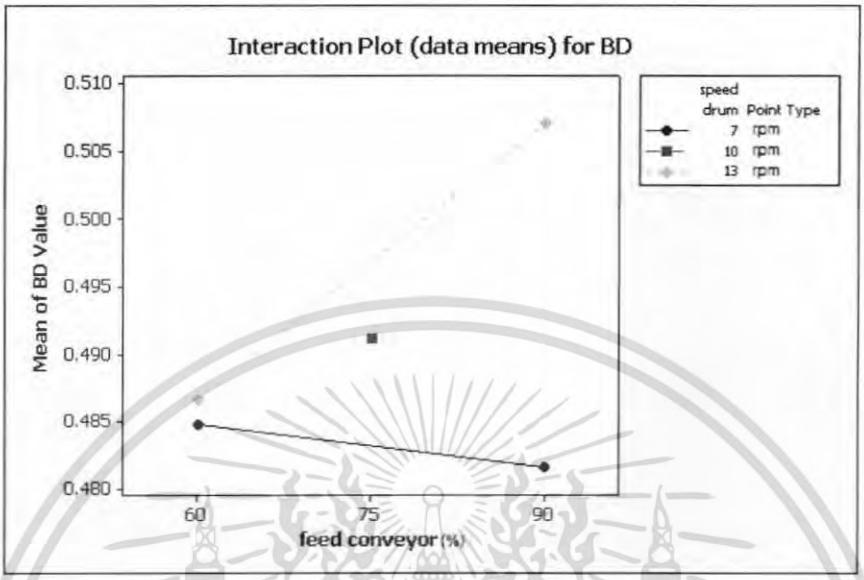
จากข้อมูลด้านบนและรูปที่ 4.7 ปัจจัยที่มีค่า P-Value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อค่า BD จึงสรุปได้ว่าความเร็วรอบ และ Interaction ระหว่างอัตราการป้อน และความเร็วรอบมีผลต่อค่า BD ดังนั้นจึงควรให้ความสำคัญกับทั้ง 2 ปัจจัย

จากรูปที่ 4.8 การวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า เมื่อปรับความเร็วรอบให้มีค่าเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ค่า BD เพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อปรับค่าอัตราการป้อนเพิ่มมากขึ้นก็จะส่งผลให้ค่า BD เพิ่มขึ้นเช่นกัน

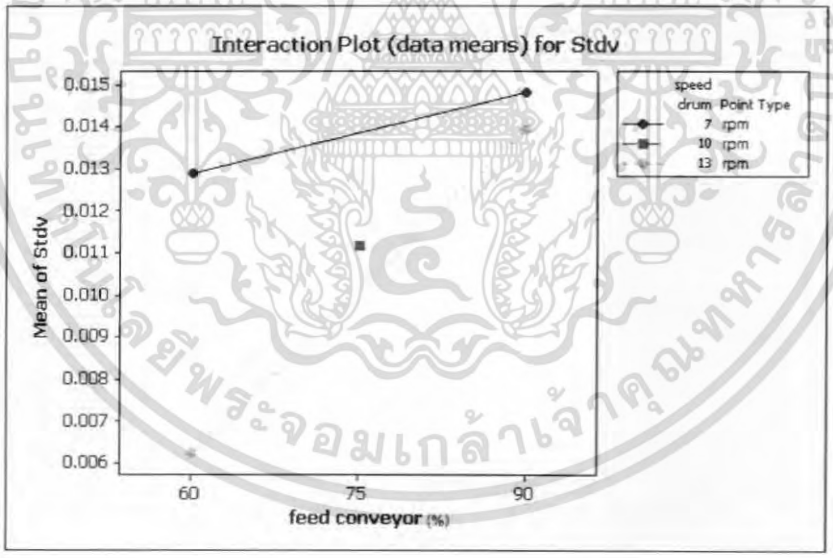


รูปที่ 4.8 กราฟผลกระทบของปัจจัยหลักต่อค่า BD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



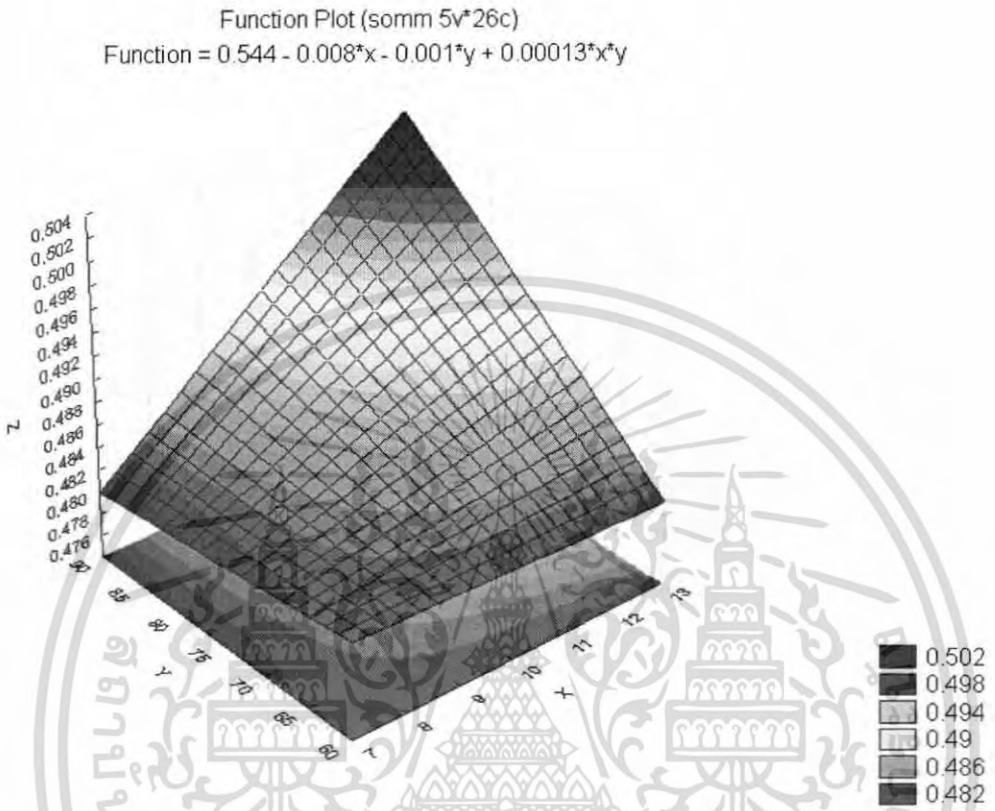
รูปที่ 4.9 กราฟ Interaction ของ BD



รูปที่ 4.10 กราฟ Interaction ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากรูปที่ 4.9 การวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า Interaction ระหว่างอัตราการป้อน และความเร็วรอบมีผลกระทบต่อค่า BD โดยในกรณีที่อัตราการป้อนต่ำสามารถใช้ความเร็วรอบได้ทั้งสูงและต่ำ และในกรณีที่อัตราการป้อนสูงควรใช้ความเร็วรอบสูงเพื่อทำให้ได้ค่า BD สูงไปด้วยและจากรูปที่ 4.10 ผลกระทบต่อค่าความเบี่ยงเบนของค่า BD ในกรณีที่อัตราการป้อนสูงสามารถใช้ความเร็วรอบได้ทั้งสูงและต่ำ และในกรณีที่อัตราการป้อนต่ำควรใช้ความเร็วรอบสูง เพื่อทำให้ได้ค่าความเบี่ยงเบนของค่า BD ต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบ

จากรูปที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบที่เหมาะสมโดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อให้ได้สมการในการสร้างกราฟมาตรฐานในการหาค่า BD ที่ต้องการ ดังสมการที่ (1)

$$BD = 0.544 - 0.008*X - 0.001*Y + 0.00013*X*Y \quad (4.1)$$

โดยค่า X = ความเร็วรอบ อยู่ในช่วง 7 - 13 รอบ/นาที

Y = อัตราการป้อน อยู่ในช่วง 60% - 90%

Z = ค่า BD

จากรูปที่ 4.11 ค่า BD ที่ดีที่สุดคือ 0.5020 ซึ่งเกิดจากการปรับค่าความเร็วรอบเท่ากับ 13 รอบ/นาที และการปรับค่าอัตราการป้อนเท่ากับ 90 เปอร์เซ็นต์

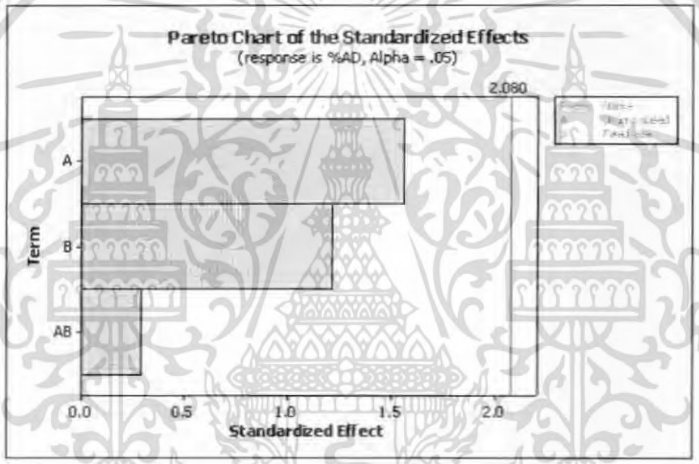
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์ค่า AD

Factorial Fit: %AD versus Drump speed, Feed rate

Estimated Effects and Coefficients for %AD (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		21.3417	0.1439	148.34	0.000
Drump speed	-0.4500	-0.2250	0.1439	-1.56	0.133
Feed rate	-0.3500	-0.1750	0.1439	-1.22	0.237
Drump speed*Feed rate	-0.0833	-0.0417	0.1439	-0.29	0.775
Ct Pt		0.1083	0.5187	0.21	0.837



รูปที่ 4.12 กราฟผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อค่า AD

จากรูปที่ 4.12 ค่า P-Value ที่มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 แสดงว่ามีผลต่อค่า AD สรุปได้ว่า อัตราการป้อน ความเร็วรอบ และ Interaction ระหว่างอัตราการป้อน และความเร็วรอบไม่มีผลต่อค่า AD เมื่อทำการปรับอัตราการป้อนในช่วง 60-90 เปอร์เซ็นต์ และทำการปรับความเร็วรอบในช่วง 7-13 รอบ/นาที

4.3 ผลการศึกษาค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

จากการปรับปริมาณสารเติมแต่ง (Additive) ที่สำคัญ 3 ชนิดคือ Sulphate, Soda Ash และ Zeolite ทำให้ค่า AD และ BD มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 4.1 โดยข้อมูลในตารางจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ข้อมูลที่ใช้ในการปรับสารเติมแต่งต่างๆ ในการทดลอง และส่วนที่สอง (Response 1 BD, Response 2 AD) คือ ผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การปรับปริมาณสารเติมแต่ง

	Std	Run	Block	Component 1 A:Base %	Component 2 B:Sulphate %	Component 3 C:Soda ash %	Component 4 D:Zeolite %	Component 5 E:Enzyme A %	Component 6 F:Enzyme B %	Component 7 G:Enzyme C %	Response 1 BD	Response 2 AD
	8	1	Block 1	69.11	14.56	13.12	1.66	0.32	0.99	0.24	0.503	21.4
	3	2	Block 1	70.04	14.76	13.30	0.34	0.32	1.00	0.24	0.487	22
	15	3	Block 1	69.81	14.71	13.25	0.67	0.32	1.00	0.24	0.49	21.6
	17	4	Block 1	69.57	14.66	13.21	1.00	0.32	1.00	0.24	0.492	22.3
	19	5	Block 1	68.65	14.46	13.03	2.31	0.32	0.98	0.24	0.508	21.7
	4	6	Block 1	68.43	14.42	12.99	2.63	0.32	0.98	0.24	0.51	21.2
	5	7	Block 1	68.20	14.37	12.95	2.95	0.32	0.98	0.24	0.51	22
	1	8	Block 1	72.27	10.68	13.72	1.74	0.33	1.04	0.25	0.502	22.3
	14	9	Block 1	71.18	12.00	13.51	1.71	0.33	1.02	0.25	0.497	22.1
	13	10	Block 1	70.13	13.30	13.31	1.68	0.32	1.00	0.24	0.504	21.2
	11	11	Block 1	68.12	15.79	12.93	1.64	0.32	0.98	0.24	0.511	21.4
	16	12	Block 1	67.15	16.98	12.75	1.61	0.31	0.96	0.23	0.513	20.7
	10	13	Block 1	66.22	18.14	12.57	1.59	0.31	0.95	0.23	0.51	20.5
	2	14	Block 1	75.02	15.80	5.70	1.80	0.35	1.07	0.26	0.477	21.7
	12	15	Block 1	72.94	15.37	8.31	1.75	0.34	1.04	0.25	0.486	22
	6	16	Block 1	70.97	14.95	10.78	1.70	0.33	1.02	0.25	0.49	21.8
	7	17	Block 1	67.34	14.19	15.34	1.62	0.31	0.96	0.23	0.491	21.6
	9	18	Block 1	65.66	13.83	17.45	1.58	0.30	0.94	0.23	0.532	20.7
	18	19	Block 1	64.07	13.50	19.46	1.54	0.30	0.92	0.22	0.513	20

ผลของค่า AD และ BD ที่วัดได้จากการทดลองในห้องทดลอง เมื่อนำข้อมูลมาใส่ในตาราง ดังตารางที่ 4.1 สามารถสังเกตได้ว่า เมื่อสัดส่วนของผงซักฟอกเปลี่ยนแปลงไป ค่า AD และ BD จะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากนั้นทำการวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยวิธี ANOVA ได้ผลการวิเคราะห์ดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Base	0.41	1	0.025	0.35	0.46
B-Sulphate	0.65	1	0.10	0.44	0.87
C-Soda ash	0.78	1	0.056	0.66	0.89
D-Zeolite	1.46	1	0.31	0.81	2.11
E ALIASED A					
F ALIASED A					
G ALIASED A					

รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของค่า BD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component	Coefficient Estimate	DF	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
A-Base	28.31	1	1.40	25.32	31.30
B-Sulphate	1.97	1	5.69	-10.15	14.10
C-Soda ash	11.23	1	3.14	4.52	17.93
D-Zeolite	8.66	1	17.36	-28.33	45.65
E ALIASED A					
F ALIASED A					
G ALIASED A					

รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่า AD

ค่าสัมประสิทธิ์ของสารประกอบในผงซักฟอกแต่ละชนิดไม่เท่ากัน แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของสารประกอบแต่ละที่มีผลต่อค่า BD และ AD ไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตามเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของ Enzyme A, Enzyme B และ Enzyme C แสดงออกเป็นความสัมพันธ์แบบปัจจัยคู่แฝดกับผงเบส (Based power) ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของผงเบสที่ได้จากการวิเคราะห์ ซึ่งแสดงอิทธิพลที่มีผลต่อค่า BD และ AD เป็นผลที่มีจากผงเบสเพียงชนิดเดียว

ค่าสัมประสิทธิ์ของ Sulphate , Soda Ash และ Zeolite ในการวิเคราะห์ต่อค่า BD เท่ากับ 0.65 , 0.78 และ 1.46 ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์ของ Sulphate , Soda Ash และ Zeolite ในการวิเคราะห์ต่อค่า AD เท่ากับ 1.97 , 11.23 และ 8.66 ตามลำดับ สามารถเขียนสรุปเป็นสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$AD = 28.31*Base +1.97*Sulphate +11.23*Soda\ Ash +8.66*Zeolite \quad (4.2)$$

$$BD = 0.41* Base +0.65* Sulphate +0.78* Soda\ Ash +1.46* Zeolite \quad (4.3)$$

ดังนั้นเมื่อทำการปรับสารเติมแต่งแต่ละชนิดให้สูงขึ้น จะส่งผลให้ค่า AD และ BD มีค่าสูงขึ้นด้วย โดย Zeolite ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในการวิเคราะห์ BD สูงสุด จะมีอิทธิพลทำให้ค่า BD สูงขึ้นมากที่สุด และ Soda Ash ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในการวิเคราะห์ AD สูงสุด จะมีอิทธิพลทำให้ค่า AD สูงขึ้นมากที่สุด

จากนั้นทางกลุ่มผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างค่า AD และ BD ที่วัดได้จากการทดลอง และค่า AD และ BD ที่ได้จากการแทนค่าในสมการที่ 4.2 และ 4.3 ดังตารางที่ 4.2 และ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบระหว่างค่า BD ที่ได้จากผลการทดลอง และค่า BD ที่คำนวณได้จากสมการ

BD (Actual)	BD (Theory)	ค่าผลต่าง
0.50	0.50	0.000002
0.49	0.49	0.000022
0.49	0.49	0.000025
0.49	0.50	0.000038
0.51	0.51	0.000008
0.51	0.51	0.000016
0.51	0.52	0.000050
0.50	0.50	0.000017
0.50	0.50	0.000010
0.50	0.50	0.000003
0.51	0.51	0.000019
0.51	0.51	0.000019
0.51	0.51	0.000000
0.48	0.48	0.000016
0.49	0.49	0.000011
0.49	0.50	0.000051
0.49	0.51	0.000425
0.53	0.52	0.000188
0.51	0.52	0.000136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบระหว่างค่า AD ที่ได้จากผลการทดลอง และค่า AD ที่คำนวณได้จากสมการ

AD (Actual)	AD (Theory)	ค่าผลต่าง
21.40	21.47	0.004762
22.00	21.64	0.128595
21.60	21.60	0.000005
22.30	21.55	0.555583
21.70	21.38	0.099531
21.20	21.34	0.020359
22.00	21.30	0.488418
22.30	22.36	0.003555
22.10	22.05	0.002130
21.20	21.76	0.310366
21.40	21.19	0.044448
20.70	20.92	0.047202
20.50	20.65	0.023389
21.70	22.34	0.414595
22.00	22.04	0.001304
21.80	21.74	0.003034
21.60	21.21	0.154289
20.70	20.96	0.066799
20.00	20.72	0.521009

ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าความผิดพลาดของสมการที่ 4.2 และ 4.3 ได้เท่ากับ 0.0056 และ 0.1521 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งการสรุปผลและวิจารณ์การดำเนินการออกเป็น 3 ส่วน ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C
2. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อน (Feed) และความเร็วรอบ (Speed) ของถังผสมผงซักฟอก
3. การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่ง (Additive) ของผงซักฟอก

5.1 การแก้ปัญหาค่าความหนาแน่นของผงซักฟอกในสายการผลิต C

หลังจากศึกษาปัญหาของสายการผลิต C และทำการแก้ปัญหาโดยทำการออกแบบ Mass Flow Tote Bin (แบบใหม่) ให้เป็นรูปทรงกรวยเพื่อให้ผงซักฟอกใน Tote Bin ไหลลงแบบ Mass flow และเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายตัวของอนุภาคของผงซักฟอกโดยการติดตั้งตัวกระจายผงซักฟอก (Distributor) เพื่อให้อนุภาคของผงซักฟอกกระจายตัวกันมากขึ้น

ตารางที่ 5.1 ค่า BD ของผงซักฟอกที่เก็บจาก Tote Bin แบบต่างๆ

ตำแหน่งในการเก็บผงซักฟอก	ค่าความหนาแน่นของผงซักฟอก (BD)
ก่อนเข้า Tote Bin (แบบเดิม)	0.5416
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม)	0.5208
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) ติดตัวกระจายผงซักฟอกบริเวณทางออกของรถ Tote Bin	0.5221
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) ติดตัวกระจายผงซักฟอกบริเวณทางเข้าของรถ Tote Bin	0.5332
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม)	0.5343
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) ติดตัวกระจายผงซักฟอกบริเวณทางออกของรถ Tote Bin	0.5386
หลังผ่าน Tote Bin (แบบเดิม) ติดตัวกระจายผงซักฟอกบริเวณทางออกของรถ Tote Bin	0.5398

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการแก้ไขปัญหาสายการผลิต C ผงซักฟอกที่ผ่านสายการผลิต C มีค่า BD ที่ผันแปรลดน้อยลง ทำให้ค่า AD มีความผันแปรลดลง และจะส่งผลให้ค่า C_p และ C_{pk} มีค่าสูงขึ้น

5.2 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก

การทำมาตรฐานการปรับค่าอัตราป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก โดยใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง แล้วนำตัวอย่างที่ได้จากการทดลองมาหาค่า BD และ AD จากนั้นทำการวิเคราะห์ทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบซึ่งมีผลต่อค่า BD

จากการวิเคราะห์ทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอก ซึ่งมีผลต่อค่า BD ดังสมการที่ 5.1 แต่ในการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบ มีผลต่อค่า AD น้อยมาก

$$BD = 0.544 - 0.008(Speed) - 0.001(Feed) + 0.00013(Feed)(Speed) \quad (5.1)$$

ดังนั้นจากการทดลองจึงได้จัดทำกราฟค่าที่เหมาะสมของค่าอัตราการป้อนและความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอกให้กับบริษัท สำหรับเป็นแนวทางในการปรับค่าอัตราการป้อน และความเร็วรอบของถังผสมผงซักฟอกแก่พนักงานต่อไป

5.3 การกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก

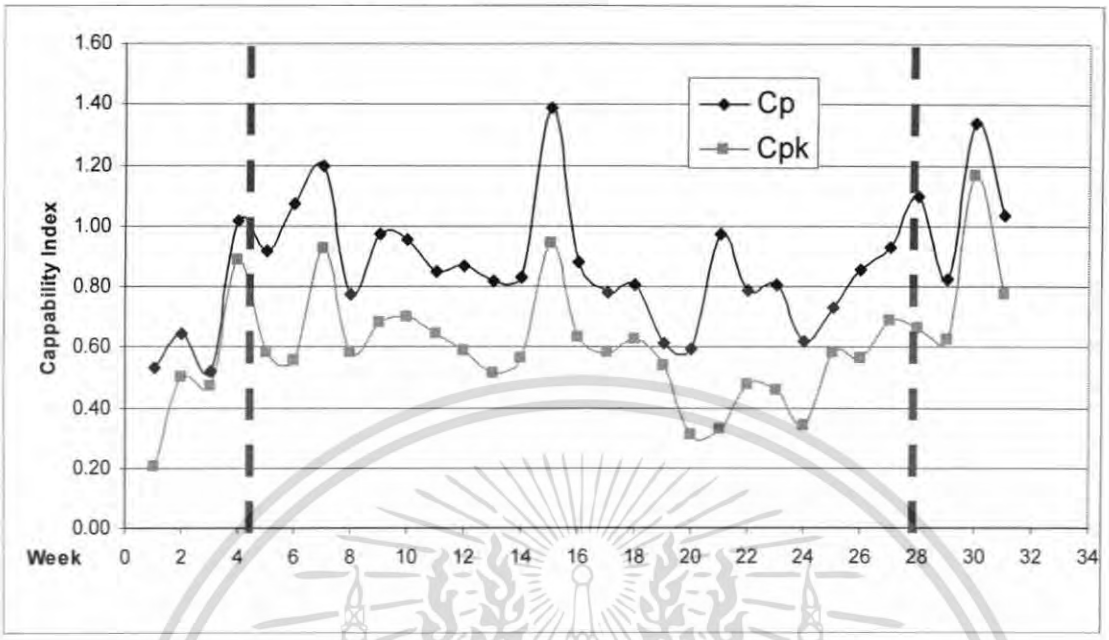
การทดลองเพื่อกำหนดค่าที่เหมาะสมของสารเติมแต่งของผงซักฟอก หลังจากปรับปริมาณของสารเติมแต่ง 3 ชนิด คือ Sulphate, Soda Ash และ Zeolite แล้วนำไปวัดหาค่า AD และ BD เพื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการทดลองแบบผสม (Mixture Design) เมื่อดูจากค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลต่อค่า AD และ BD ของสารประกอบผงซักฟอกแต่ละตัวพบว่ามีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจะสังเกตได้ว่า Enzyme A, Enzyme B และ Enzyme C ไม่มีค่าสัมประสิทธิ์ แต่แสดงความสัมพันธ์เป็นปัจจัยคู่แฝดกับผงเบส ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของผงเบส จึงไม่สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มปริมาณของผงเบสจะทำให้ค่า AD และBD มีค่าสูงขึ้น ซึ่งความสัมพันธ์ของสารประกอบ เขียนสรุปเป็นสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$AD = 28.31*Base + 1.97*Sulphate + 11.23*Soda\ Ash + 8.66*Zeolite \quad (5.2)$$

$$BD = 0.41*Base + 0.65*Sulphate + 0.78*Soda\ Ash + 1.46*Zeolite \quad (5.3)$$

จากสมการที่ 5.2 และสมการที่ 5.3 อธิบายได้ว่า ถ้าเพิ่มปริมาณ Sulphate, Soda Ash และZeolite จะส่งผลให้ค่า AD และ BD มีค่าสูงขึ้น โดย AD จะสูงขึ้นมากที่สุดเมื่อทำการปรับปริมาณ Soda Ash ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการที่ 5.2 เท่ากับ 11.23 ส่วน BD จะสูงขึ้นมากที่สุดเมื่อทำการปรับปริมาณ Zeolite ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ในสมการที่ 5.3 เท่ากับ 1.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แนวโน้มค่าสมรรถนะกระบวนการผลิตตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการคือ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2550 – มกราคม พ.ศ. 2551 โดยจะแบ่งช่วงการวัดประสิทธิภาพเป็น 3 ช่วงดังรูปที่ 5.1 ได้แก่ 1. การวัดประสิทธิภาพก่อนทำการปรับปรุงสายการผลิต 2. การวัดประสิทธิภาพระหว่างช่วงเวลาที่ดำเนินการปรับปรุงสายการผลิต 3. การวัดประสิทธิภาพหลังทำการปรับปรุงสายการผลิต โดยจะสังเกตได้ว่าการดำเนินงานในช่วงที่ 2 ค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตมีค่าต่ำลงมาก เนื่องจากทางบริษัทมีโปรโมชั่นในการเพิ่มปริมาณผงซักฟอกให้แก่ลูกค้า ในการปรับเพิ่มปริมาณผงซักฟอกทำให้สูตรผงซักฟอกผิดปกติ และส่งผลต่อค่า AD ผันแปรมาก จึงไม่สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลในช่วงเวลานี้ได้ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวัดค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตหลังทำการปรับปรุงการผลิตครบทั้ง 3 ปัจจัย พบว่ามีค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิตที่สูงขึ้นจากเดิมดังตารางที่ 5.2 ซึ่งถือได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์

ตารางที่ 5.2 สรุปผลค่าอัตราส่วนสมรรถนะของกระบวนการผลิต

	ก่อนการปรับปรุง (เดือนมิถุนายนพ.ศ. 2550)	หลังการปรับปรุง (เดือนมกราคมพ.ศ. 2551)
C_p	0.96	1.11
C_{pk}	0.6	0.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการปรับปรุง

1. ปัจจัยบางปัจจัยที่ทางกลุ่มไม่ได้ทำการศึกษา ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต สามารถทำการปรับปรุงต่อได้เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต
2. กระบวนการผลิตผงชักฟอกของทาง บริษัทยูนิลิเวอร์ ไทยโฮลดิ้ง จำกัด จะมีการผลิตเป็นช่วงเวลา หากต้องการทำการทดลองปัจจัยใดๆ ควรที่จะทำการทดลองในช่วงระยะเวลาการผลิตของกะนั้นๆ เพื่อให้ตัวอย่างการทดลองเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน
3. ในกระบวนการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ในการปล่อยผงเบสและสารเติมแต่งยังมีค่าเวลาหน่วงของเครื่องจักรอยู่มาก ดังนั้นควรมีการตั้งค่าเครื่องจักรใหม่ เพื่อช่วยเพิ่มความถูกต้องในการปล่อยปริมาณผงเบสและสารเติมแต่ง
4. กระบวนการผลิตควรเป็นไปอย่างต่อเนื่องที่สุด เพราะการหยุดกระบวนการผลิตบ่อยๆจะส่งผลต่อค่าประสิทธิภาพของผงซักฟอก

5.5 อุปสรรคในการดำเนินงาน

1. กระบวนการผลิตผงซักฟอกมีความซับซ้อนมากยากแก่การเข้าใจ หากไม่ศึกษากระบวนการผลิตให้ดีเสียก่อนอาจจะไม่เข้าใจว่าปัจจัยใดควรควรจะทำการปรับปรุงหรือออกแบบการทดลองอย่างไร
2. ปัจจัยบางปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตไม่สามารถทำการปรับปรุงได้ เนื่องจากอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายที่สูงหรือมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ต้องหยุดการผลิต ซึ่งทางโรงงานไม่มีนโยบายที่จะให้ทำการปรับปรุง
3. ในการที่จะทำการปรับปรุงปัจจัยในกระบวนการผลิตแต่ละครั้ง จำเป็นต้องรอผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ ซึ่งทำให้เกิดความล่าช้าหรือบางปัจจัยก็ไม่สามารถทำการปรับปรุงได้
4. ทางคณะผู้จัดทำยังขาดความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการไหลของอนุภาค จำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาทฤษฎีการไหล ซึ่งอาจทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
5. ในการวิเคราะห์ผลการทดลองบางครั้งยังขาดความเชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งอาจทำให้ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผิดได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาให้ดีเสียก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ . 2544. การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ฤดี มาสุจันท์ . 2547. การควบคุมคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- M. Moakher, T. Shinbrot & F. J. Muzzio . 2000. Granular Mixing and Segregation in 3-Dimensional Industrial Blender. http://levmwww.epfl.ch/~moakher/mixing/
- พันทิพา สุนทรารชุน . 2542. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการวางแผนงานทดลอง. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- แผนผังแสดงสาเหตุและผล. http://learners.in.th/file/ibirdboy/FishBone.doc
- วันรัตน์ จันทกิจ . 2546. 17 เครื่องมือนักคิด. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ซีโน ดีไซน์
- สายชล สินสมบูรณ์ทอง . 2547. สถิติวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร : จามจุรี โปรดักส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้