

การเพิ่มผลิตภาพโดยใช้หลักการการออกแบบการทดลอง: กรณีศึกษาโรงงานผลิตสาลี่ก้านใน จังหวัดขอนแก่น

นราธิป ภาวระวี¹⁾ และ พรเทพ ขอขจายเกียรติ²⁾

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หลักการการออกแบบการทดลองในการกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมกับการดำเนินการผลิตสาลี่ก้านของโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เมื่อทำการรวบรวมปัญหาที่ทำให้เกิดก้านเสียพบว่าสาเหตุสไลด์เวอร์ขาดทำให้เกิดก้านเสียสูงที่สุด เป็นผลให้ผลิตภาพในการผลิตสาลี่ก้านของโรงงานกรณีศึกษาลดลง ดังนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้สไลด์เวอร์ขาดซึ่งส่งผลให้เกิดก้านเสีย โดยใช้การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วย Why-Why analysis ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดก้านเสียมี 3 ปัจจัยด้วยกัน คือ ความเร็วในการผลิตของเครื่องพันหัว ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ และระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว ผลการวิจัยพบว่า

- ระดับความเร็วในการผลิตของเครื่องพันหัว 1300 ก้านต่อนาที
- ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ที่ 1.4 กรัมต่อเมตร
- ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว 20 เซนติเมตร ซึ่งส่งผลให้ต้นทุนก้านเสียลดลงเฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์

จากวิธีการดำเนินงานในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลอง, การทดลองแบบแฟคทอเรียลทั่วไป, สาลี่ก้าน

¹⁾ นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002,
Corresponding Author, อีเมล: yellow_incubus@hotmail.com

²⁾ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Productivity Improvement by Using Design of Experiment: Case Study of
Cotton Bud Factory in Khonkaen Province

Narathip Pawaree ¹⁾ and Porntep Khokhajaikiat ²⁾

Abstract

This research used a design of experiment to optimize production process factors in Cotton Bud factory of a case study in KhonKaen province. By focusing on the causes of defect, broken slidver is the most importance cause which leads to decrease the production efficiency in the case study factory. Therefore why-why analysis is used in this research to find the factors that cause slidver breaking, which leads to defect. There are three main factors: Machine rate, slidver thickness and the gap between slidver and the machine that lead to defect. The results of the research shows that the optimize factors to operate are:

- Adjust the production rate to 1300 pieces per minute
- Setting slidver thickness to 1.4 gram per meter
- The gap between slidver and machine 20 centimeter. Finally, we can conclude that proposed

method ables to decrease cost of defect by 35%

Keywords: Design of experiment, General factorial design, Cotton bud

1) Post graduated Students, Department of Industrial Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Corresponding Author, E-mail: yellow_incubus@hotmail.com

2) Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Industrial Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

1. บทนำ

การผลิตลำไส้ก้าน เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ตั้งอยู่ในอุตสาหกรรมเภสัชภัณฑ์โดยมีมูลค่าการส่งออก 6,900 ล้านบาทต่อปี (กระทรวงพาณิชย์, 2550) ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งที่นำรายได้เข้าประเทศไทยเป็นจำนวนมาก โดยลำไส้ก้านที่ผลิตในประเทศไทยนั้นมีราคาถูกและมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับในต่างประเทศทำให้มีปริมาณการสั่งผลิตเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้อุตสาหกรรมลำไส้ก้านเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ลดการขาดดุลทางการค้าระหว่างประเทศได้อีกทาง

การวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษามูลนิธิภัณฑ์ลำไส้ก้านหัวธรรมดาซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงานกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น จากการศึกษากระบวนการผลิตลำไส้ก้านหัวธรรมดาพบว่าปัญหาหลักที่เกิดขึ้นคือปัญหาไส้ก้านเสีย โดยมีปริมาณไส้ก้านเสียเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อเครื่องต่อเดือน ทำให้เกิดต้นทุนที่สูงขึ้น ดังนั้นเพื่อเพิ่มผลผลิตภาพของโรงงานกรณีศึกษา การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปรับปรุงปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตลำไส้ก้านเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการกำหนดปัจจัยที่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่องพันหัวเพื่อลดปริมาณไส้ก้านเสีย ส่งผลให้สามารถลดต้นทุนด้านวัตถุดิบและแรงงานในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

2. วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัย ประกอบการศึกษา 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. รวบรวมข้อมูลสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดไส้ก้านเสียในช่วงเดือนมีนาคม ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2551
3. วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาไส้ก้านเสียเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดไส้ก้านเสียโดยใช้แผนผัง Why-Why analysis (ฮิโตชิ โอคุระ, 2545) ที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานของโรงงานกรณีศึกษา
4. ออกแบบการทดลองโดยเก็บข้อมูลต้นทุนไส้ก้านเสียต่อชั่วโมง จำนวน 4 ชั่วโมงในแต่ละระดับ ของทุกๆปัจจัย โดยใช้รูปแบบ General factorial design

5. วิเคราะห์ผลความแปรปรวนที่ได้จากแผนการทดลองแล้วทำการทดสอบกิจกรรมที่มีผลต่อกันเสียและทดสอบความพอเพียงของตัวแบบ

6. หาผลเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยและแต่ละระดับ

7. เปรียบเทียบผลจากผลเฉลี่ยที่เหมาะสมที่สุดก่อนและหลังการปรับปรุง

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สีบสกุล จินดาพลและคณะ (2547) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยน้ำมันข้าว โดยใช้หลักการออกแบบการทดลอง ซึ่งใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนองและเลือกใช้การออกแบบส่วนผสมกลางตัวแปรต้นมี 3 ตัวแปร คือ อุณหภูมิอากาศร้อน อัตราไหลของอากาศและอัตราป้อนสาร ผลจากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิอากาศร้อน 192.5 องศาเซลเซียส อัตราไหลของอากาศ 35 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง และอัตราป้อนสาร 740 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งพบว่าความแตกต่างจากผลการทำนายจากแบบจำลองไม่เกินร้อยละ 6

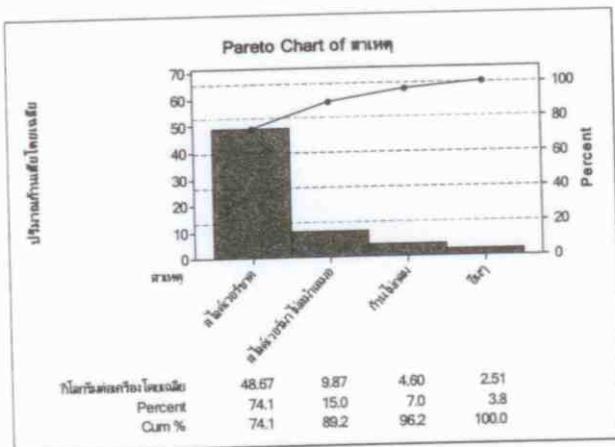
ศิวดล กัลยาคำ (2548) ได้ศึกษา การควบคุมคุณภาพของพรมทอมือ ความสูญเสียเส้นใยที่เกิดขึ้นเกิดจากพรมทอมือร้อยละ 93.61 ของความสูญเสียทั้งหมด จึงได้ศึกษาปัญหาตามการสูญเสียเส้นใยจากพรมทอมือ พบว่าสาเหตุสำคัญของปัญหานี้คือ ความเร็วของปั่นทอพรมและจำนวนมีเข็มต่อความยาวในการทอไม่เหมาะสม จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ผลจากการปรับปรุงสามารถลดความสูญเสียของเส้นใยลงถึง ร้อยละ 40 และเพิ่มความสามารถศักยภาพของกระบวนการซึ่งส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลิตดีขึ้น

ชาญณรงค์ สายแก้วและนิพนธ์ ชิลพันธ์ (2549) ได้ศึกษาเพื่อออกแบบสร้างเครื่องยอชวดแก้วและประเมินปัจจัยที่มีผลต่อขนาดเศษแก้วของเครื่องยอชวดแก้ว โดยใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง 2^k แพคตอเรียลถูกนำมาใช้เก็บข้อมูลและสร้างเข้ากับรูปแบบทางคณิตศาสตร์เข้ากับพื้นผิวตอบสนอง ผลจาก

การทดลองชี้ให้เห็นว่าปัจจัยที่เหมาะสมต่อขนาดและปริมาณในการย่อยขวดแก้วให้ได้จำนวนมากคือ ความเร็วรอบและอัตราการป้อนขวดแก้ว พบว่าความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนขวดแก้ว 12 ขวดต่อนาที เป็นการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดของเครื่อง เพื่อให้ได้ตามความต้องการของตลาด

4. การกำหนดสาเหตุของปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา

จากขั้นตอนการผลิตสาลิก้านหัวธรรมดาพบว่าเกิดปัญหาก้านเสีย และส่งผลกระทบต่อความสูญเสียที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งปัญหาก้านเสียมีสาเหตุเบื้องต้น 6 ประการ คือ สไลด์เวอร์ขาด, สไลด์เวอร์มาไม่สม่ำเสมอ, ก้านไม่กลม, ตัวดูดน้ำกาวไม่ทำงาน, ชุดตัดทำงานผิดพลาด และชุดบากก้านเคลื่อน (สาเหตุอื่นๆที่แสดงในรูปที่ 1 คือตัวดูดน้ำกาวไม่ทำงาน, ชุดตัดทำงานผิดพลาด และชุดบากก้านเคลื่อน) โดยสาเหตุหลักคือ สไลด์เวอร์ขาด ซึ่งทำให้เกิดก้านเสียโดยเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 48.67 กิโลกรัมต่อเครื่องต่อเดือน และรองลงมาคือ สไลด์เวอร์มาไม่สม่ำเสมอจะทำให้เกิดก้านเสียโดยเฉลี่ย 9.87 กิโลกรัมต่อเครื่องต่อเครื่อง



รูปที่ 1 แสดงแผนภาพพาเรโตสาเหตุที่ส่งผลให้ก้านเสีย ในช่วงเดือนมีนาคม ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2551

จากสาเหตุสไลด์เวอร์ขาด ที่ทำให้เกิดก้านเสียสูงที่สุด เป็นผลให้ผลิตภาพในการผลิตสาลิก้านของโรงงานกรณีศึกษาลดลง จึงดำเนินการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้สไลด์เวอร์ขาดซึ่งส่งผลให้เกิดก้านเสีย โดยการ

สอบถามและเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ที่เกี่ยวข้องคือ พนักงาน หัวหน้าแผนกคุณภาพ ผู้จัดการแผนกผลิต ทำให้ทราบปัจจัยที่ทำให้ผลิตภัณฑ์สาลิก้านเกิดก้านเสีย

ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าด้วย Why-Why analysis ดังแสดงในรูปที่ 2

จากการวิเคราะห์ด้วย Why-Why analysis จึงได้กำหนดปัจจัย ความหนาของสไลด์เวอร์ ความเร็วในการผลิตของเครื่องจักร และระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องจักร ที่สอดคล้องกับการปฏิบัติงานของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อออกแบบการทดลองกระบวนการเชิงสถิติและเครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสม (Oakland, 1999) สำหรับแก้ไขปัญหาก้านเสีย

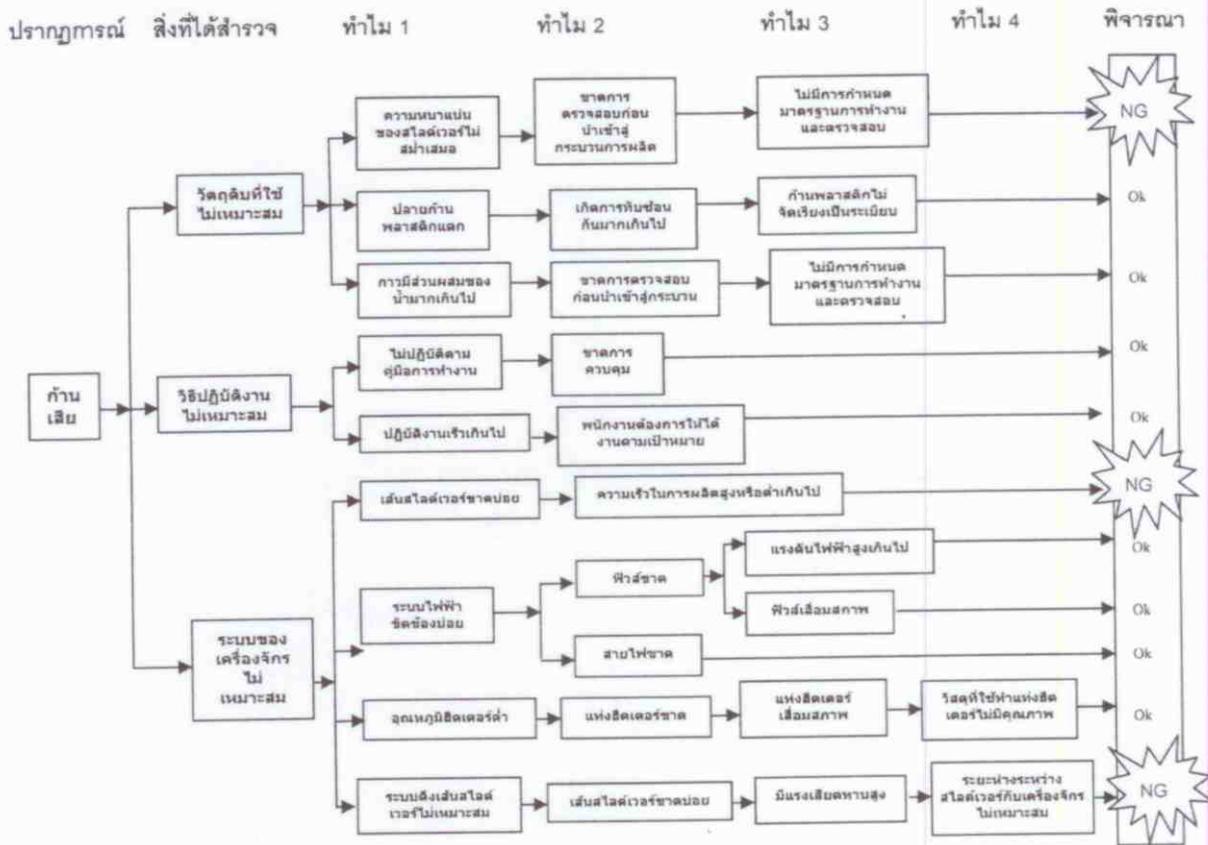
5. ผลการดำเนินงานวิจัย

ข้อมูลผลการทดลองและการวิเคราะห์รูปแบบการออกแบบการทดลองข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางที่ 1 จะพบว่า

1. ผลตอบสนองหรือตัวแปรตามมี 1 ตัวแปร คือ ต้นทุนก้านเสีย
2. ปัจจัยในการทดลองครั้งนี้มี 3 ปัจจัย คือ ความเร็วในการผลิต (ก้านต่อนาที), ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ (กรัมต่อเมตร) และ ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว (เซนติเมตร)
3. ระดับ (Level) ของแต่ละปัจจัย
 - ก. ความเร็วในการผลิต มี 2 ระดับ ได้แก่ 1300 และ 1500 ก้านต่อนาที
 - ข. ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ มี 3 ระดับ ได้แก่ 1.3, 1.4 และ 1.6 กรัมต่อเมตร
 - ค. ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัวมี 5 ระดับ ได้แก่ 20, 25, 30, 35 และ 40 เซนติเมตร

4. การทดลองนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยไม่พิจารณาจำนวนซ้ำ และ Blocking

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลอง ผลตอบสนอง, ปัจจัยและระดับ พบว่าควรใช้รูปแบบแผนการทดลอง General factorial design ซึ่งในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ปารเมศ ชุตินา, 2545) ใช้โปรแกรม Design expert เพื่อหาคำตอบ



รูปที่ 2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ Why-Why analysis เพื่อหาปัจจัยที่ทำให้เกิดกันเสีย

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลต้นทุนสาลี่ก้านเสีย (หน่วยเป็นร้อยละต่อกิโลกรัม) ที่ได้จากการทดลอง

| ความเร็วในการผลิต (ก้านต่อนาที) | | 1300 | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ความหนาแน่น (กรัมต่อเมตร) | | 1.3 | | | | | 1.4 | | | | | 1.6 | | | | |
| ระยะห่าง (เซนติเมตร) | | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| ต้นทุนรวม สาลี่ก้านเสีย (ร้อยละต่อกิโลกรัม) | ครั้งที่ทดสอบ 1 | 0.22 | 0.22 | 0.65 | 0.33 | 0.43 | 0.11 | 0.22 | 0.19 | 0.25 | 0.30 | 0.24 | 0.30 | 0.15 | 0.49 | 0.36 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 2 | 0.22 | 0.43 | 0.18 | 0.22 | 0.22 | 0.16 | 0.17 | 0.13 | 0.24 | 0.22 | 0.16 | 0.32 | 0.39 | 0.12 | 0.49 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 3 | 0.22 | 0.22 | 0.35 | 0.15 | 0.38 | 0.22 | 0.06 | 0.39 | 0.33 | 0.17 | 0.24 | 0.49 | 0.21 | 0.36 | 0.30 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 4 | 0.33 | 0.22 | 0.22 | 0.11 | 0.33 | 0.11 | 0.33 | 0.33 | 0.13 | 0.11 | 0.12 | 0.18 | 0.24 | 0.12 | 0.30 |
| ความเร็วในการผลิต (ก้านต่อนาที) | | 1500 | | | | | | | | | | | | | | |
| ความหนาแน่น (กรัมต่อเมตร) | | 1.3 | | | | | 1.4 | | | | | 1.6 | | | | |
| ระยะห่าง (เซนติเมตร) | | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| ต้นทุนรวม สาลี่ก้านเสีย (ร้อยละต่อกิโลกรัม) | ครั้งที่ทดสอบ 1 | 0.19 | 0.32 | 0.28 | 0.45 | 0.45 | 0.17 | 0.46 | 0.35 | 0.14 | 0.35 | 0.15 | 0.19 | 0.34 | 0.17 | 0.19 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 2 | 0.23 | 0.20 | 0.23 | 0.34 | 0.17 | 0.21 | 0.29 | 0.38 | 0.48 | 0.29 | 0.13 | 0.25 | 0.25 | 0.27 | 0.51 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 3 | 0.23 | 0.24 | 0.17 | 0.45 | 0.34 | 0.09 | 0.06 | 0.31 | 0.12 | 0.14 | 0.28 | 0.38 | 0.38 | 0.19 | 0.76 |
| | ครั้งที่ทดสอบ 4 | 0.19 | 0.10 | 0.26 | 0.34 | 0.40 | 0.14 | 0.13 | 0.81 | 0.14 | 0.37 | 0.25 | 0.51 | 0.42 | 0.06 | 0.32 |

Response 2 Defect

AHOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type III]

| Source | Sum of Squares | df | Mean Square | F Value | p-value Prob > F | |
|-------------|----------------|-----|-------------|---------|------------------|-----------------|
| Model | 0.60 | 21 | 0.028 | 1.80 | 0.0292 | significant |
| A-Rate | 0.021 | 1 | 0.021 | 1.34 | 0.2497 | |
| B-Smooth | 0.058 | 2 | 0.029 | 1.84 | 0.1646 | |
| C-Distance | 0.29 | 4 | 0.073 | 4.63 | 0.0018 | |
| AB | 0.021 | 2 | 0.010 | 0.65 | 0.5254 | |
| AC | 0.024 | 4 | 6.087E-003 | 0.38 | 0.8198 | |
| BC | 0.18 | 8 | 0.023 | 1.42 | 0.1979 | |
| Residual | 1.55 | 98 | 0.016 | | | |
| Lack of Fit | 0.20 | 8 | 0.025 | 1.66 | 0.1199 | not significant |
| Pure Error | 1.35 | 90 | 0.015 | | | |
| Cor Total | 2.15 | 119 | | | | |

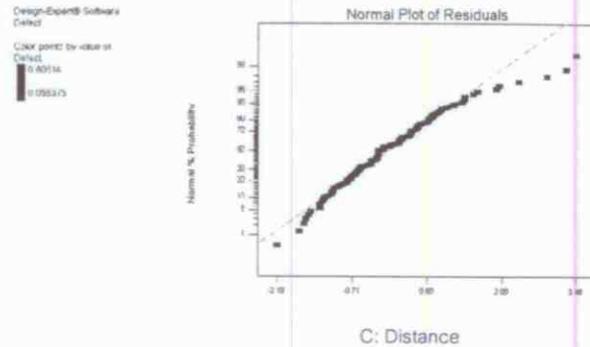
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงข้างต้นพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกันเสีย คือ ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 และมีรูปแบบทางคณิตศาสตร์ระหว่างผลตอบสนองกับปัจจัยคือ

$$\hat{y} = 0.027 + 0.013 \cdot A + 0.0099 \cdot B[1] - 0.031 \cdot B[2] - 0.078 \cdot C[1] - 0.0082 \cdot C[2] + 0.047 \cdot C[3] - 0.020 \cdot C[4] - 0.015 \cdot AB[1] + 0.017 \cdot AB[2] - 0.017 \cdot AC[1] - 0.014 \cdot AC[2] + 0.018 \cdot AC[3] - 0.0015 \cdot AC[4] + 0.025 \cdot B[1]C[1] - 0.010 \cdot B[2]C[1] - 0.029 \cdot B[1]C[2] - 0.018 \cdot B[2]C[2] - 0.035 \cdot B[1]C[3] + 0.074 \cdot B[2]C[3] + 0.038 \cdot B[1]C[4] + 0.010 \cdot B[2]C[4] \quad (1)$$

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นทำให้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อกันเสีย จึงทำการทดสอบในแต่ละระดับของปัจจัยที่มีผลต่อกันเสีย โดยการวิเคราะห์อิทธิพลหลักและอิทธิพลร่วมของปัจจัย ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเห็นว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของปัจจัย ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์เฉพาะอิทธิพลหลักของปัจจัย

5.1 ทดสอบอิทธิพลหลักของปัจจัย

ในการดำเนินการในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบระดับของระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว เนื่องจากมีค่า P-value น้อยกว่า 0.05



รูปที่ 3 แสดงกราฟอิทธิพลหลักของระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว

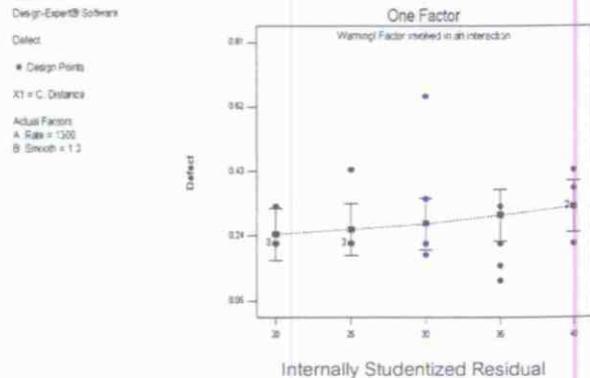
จากกราฟรูปที่ 3 พบว่าการกำหนดค่าปัจจัยของระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัวที่ระดับต่ำคือ ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัวที่ระดับ 20 เซนติเมตร จะส่งผลให้ต้นทุนกันเสียต่ำที่สุดเท่ากับ 24.4 บาท

5.2 การทดสอบความเพียงพอของตัวแบบ (Model adequacy checking)

เป็นการตรวจสอบความเหมาะสมและความถูกต้องในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยมีการตรวจสอบ 3 วิธี (Montgomery, 2001) ดังต่อไปนี้

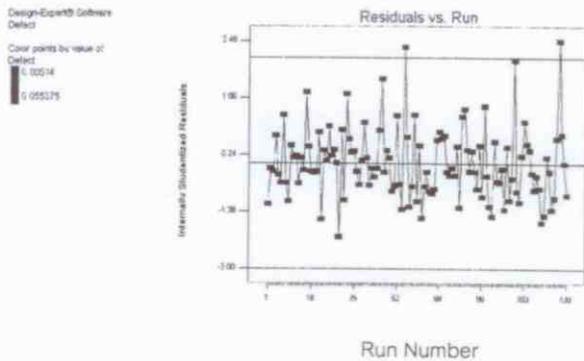
1. การทดสอบการกระจายแบบปกติของข้อมูล (Normality probability plot)

เรียงลำดับค่าคลาดเคลื่อนจากน้อยไปมากและทำการคำนวณความน่าจะเป็นสะสม จากนั้นนำมา Plot กราฟ ดังกราฟรูปที่ 4 พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ



รูปที่ 4 แสดง Normality probability plot จากโปรแกรม Design expert software

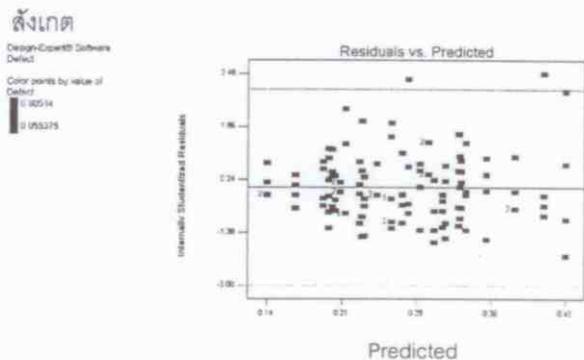
2. การทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล (Independent Assumption)



รูปที่ 5 แสดงกราฟค่าความคลาดเคลื่อนกับครั้งที่ทำการสุ่มจากโปรแกรม Design expert software

จากกราฟรูปที่ 5 เป็นการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูล พบว่าข้อมูลก้านหลัามีการกระจายตัวแบบสุ่มและไม่มีรูปแบบ แสดงว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน

3. ค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าประมาณของค่าสังเกต



รูปที่ 6 แสดงกราฟค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าประมาณการจากโปรแกรม Design expert software

จากกราฟรูปที่ 6 จะเห็นว่าแนวโน้มของความแปรปรวนมีลักษณะกระจายตัวแบบสุ่มและไม่มีรูปแบบ แสดงว่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อนและข้อมูลที่ได้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือ

6. การหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

เป็นการหาสถานะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยทั้งหมดของการทดลอง ซึ่งการออกแบบการทดลองวิจัยครั้งนี้ได้คำนวณจากสมการเป้าหมายคือ กำหนดต้นทุน

ก้านเสียที่มีค่าต่ำที่สุด และจะเลือกผลเฉลยที่เหมาะสมจากค่าผลตอบแทน ควบคู่กับค่า Desirability ซึ่งค่า Desirability จะพิจารณาจากรูปแบบการทดลองที่มีความถูกต้อง, การกำหนดน้ำหนักที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 ผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยและแต่ละระดับ

| รูปแบบที่เหมาะสม | ความเร็วในการผลิต | ความหนาแน่น | ระยะห่าง | ก้านเสีย | ค่า Desirability |
|------------------|-------------------|-------------|----------|----------|------------------|
| 1 | 1300 | 1.4 | 20 | 0.14 | 0.89 |
| 2 | 1500 | 1.4 | 20 | 0.16 | 0.85 |
| 3 | 1500 | 1.6 | 20 | 0.19 | 0.82 |
| 4 | 1300 | 1.4 | 25 | 0.20 | 0.81 |
| 5 | 1300 | 1.4 | 40 | 0.20 | 0.81 |
| 6 | 1300 | 1.4 | 35 | 0.20 | 0.81 |
| 7 | 1300 | 1.5 | 20 | 0.20 | 0.80 |
| 8 | 1500 | 1.3 | 20 | 0.21 | 0.80 |
| 9 | 1300 | 1.6 | 35 | 0.21 | 0.79 |
| 10 | 1500 | 1.3 | 25 | 0.23 | 0.77 |

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลตอบแทนที่ทำให้ต้นทุนก้านเสียมีค่าต่ำที่สุด และค่า Desirability สูงที่สุดจะเป็นค่าผลเฉลยเหมาะสมที่สุดในการผลิตลำไส้ก้านของโรงงานกรณีศึกษา คือ ความเร็วในการผลิต 1300 ก้านต่อนาที, ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ 1.4 กรัมต่อเมตร, ระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว 20 เซนติเมตร

7. การเปรียบเทียบผลจากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดก่อนและหลังการปรับปรุง

จากผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดพบว่าปัจจัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการดำเนินการผลิตลำไส้ก้านของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งทำให้เกิดต้นทุนก้านเสียต่ำที่สุดคือ ปัจจัยความเร็วในการผลิต 1300 ก้านต่อนาที, ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ 1.4 กรัมต่อเมตร และระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว 20 เซนติเมตร แล้วทำการเปรียบเทียบกับวิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบต้นทุนก้านเสียวิธีการที่นำเสนอ
กับวิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน

| วิธีการ | วิธีการ นำเสนอ | ต้นทุนก้านเสียว (บาท) | | | | | |
|-----------------------|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | วิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน | | | | | |
| ความเร็วในการผลิต | 1300 | 1300 | 1300 | 1300 | 1500 | 1500 | 1500 |
| ความหนาแน่น | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.3 | 1.4 | 1.6 |
| ระยะห่าง | 20 | | | | | | |
| 1 | 6 | 14 | 14 | 17 | 35 | 9 | 15 |
| 2 | 16 | 27 | 15 | 46 | 28 | 23 | 13 |
| 3 | 22 | 27 | 21 | 12 | 11 | 33 | 28 |
| 4 | 11 | 27 | 35 | 94 | 4 | 26 | 25 |
| 5 | 11 | 15 | 11 | 24 | 14 | 33 | 19 |
| 6 | 13 | 34 | 15 | 30 | 6 | 39 | 25 |
| 7 | 33 | 54 | 57 | 32 | 25 | 29 | 38 |
| 8 | 17 | 26 | 28 | 29 | 8 | 47 | 51 |
| 9 | 8 | 16 | 14 | 15 | 35 | 7 | 34 |
| 10 | 13 | 27 | 21 | 17 | 20 | 43 | 25 |
| 11 | 12 | 14 | 15 | 35 | 11 | 50 | 38 |
| 12 | 24 | 23 | 35 | 30 | 11 | 24 | 42 |
| 13 | 19 | 31 | 14 | 27 | 25 | 14 | 17 |
| 14 | 11 | 18 | 21 | 32 | 14 | 13 | 27 |
| 15 | 11 | 31 | 17 | 29 | 18 | 33 | 19 |
| 16 | 28 | 31 | 10 | 38 | 14 | 26 | 6 |
| 17 | 14 | 23 | 19 | 35 | 32 | 27 | 19 |
| 18 | 11 | 38 | 24 | 21 | 18 | 19 | 51 |
| 19 | 10 | 34 | 28 | 15 | 34 | 14 | 76 |
| 20 | 33 | 41 | 12 | 20 | 14 | 14 | 32 |
| 21 | 18 | 27 | 19 | 15 | 47 | 14 | 21 |
| 22 | 11 | 14 | 28 | 15 | 34 | 27 | 29 |
| 23 | 14 | 18 | 19 | 27 | 23 | 22 | 27 |
| 24 | 11 | 22 | 14 | 17 | 23 | 9 | 33 |
| ต้นทุนรวมเฉลี่ย (บาท) | 15.97 | 26.30 | 20.44 | 28.06 | 21.11 | 24.86 | 29.67 |
| เปอร์เซ็นต์ต้นทุนลดลง | 0.00 | 39.28 | 21.87 | 43.08 | 24.35 | 35.76 | 46.17 |

จากการพิจารณาโดยภาพรวม วิธีการที่นำเสนอกับวิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน (ตารางที่ 3) สามารถกล่าวได้ว่า วิธีการที่นำเสนอมีต้นทุนก้านเสียวต่ำกว่าวิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน โดยมีต้นทุนก้านเสียวลดลงเฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์

8. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาโดยหลักการออกแบบการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีความเหมาะสม คือ ปัจจัยความเร็วในการผลิต 1300 ก้านต่อนาที, ความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ 1.4 กรัมต่อเมตร และระยะระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว 20 เซนติเมตร จะส่งผลให้เกิดต้นทุนก้านเสียวต่ำที่สุด ซึ่งวิธีการที่นำเสนอในการวิจัยครั้งนี้ส่งผลให้ต้นทุนก้านเสียวต่ำกว่าวิธีการที่โรงงานกรณีศึกษาปฏิบัติในปัจจุบัน โดยมีต้นทุนก้านเสียวลดลงเฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการของโรงงานกรณีศึกษา คือ พนักงานและหัวหน้างานจะต้องดำเนินการผลิตให้สอดคล้องกับปัจจัยทั้ง 3 ที่กล่าวข้างต้น โดยมีการปรับตั้งความเร็วของเครื่องพันหัวให้มีความเร็วอยู่ที่ระดับ 1300 ก้านต่อนาที มีการตรวจสอบความหนาแน่นของสไลด์เวอร์ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตสาลี ก้าน และมีการออกแบบแท่นวางสไลด์เวอร์ให้สามารถปรับระยะห่างระหว่างสไลด์เวอร์กับเครื่องพันหัว

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนบางส่วนในการศึกษาทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ คุณวีระเสน เพชรแท้ ผู้จัดการฝ่ายทั่วไปที่ให้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาทำวิจัยครั้งนี้

10. เอกสารอ้างอิง

- Channarong Saikaew and Nipon Chinlapun (2006). Experimental Design for Product and Process Improvement: an Application in Bottle Glass Crusing Machine, *KKU Engineering Journal*, Vol 33, No.4, (In Thai).
- Siwadol Kanyakam. 2005. The Quality Control Model for Hand Tufted Carpet by Using Statistical Process Control: Case Study Carpet Factory (In Thai).

Hitoshi Oguro (2001). Why-Why analysis. 2nd ed., Technology Promotion Association Thai-Japan (In Thai).

Paramed Chutima (2001). Design of experiment, Chulalongkorn University (In Thai).

Sueskun Jindapon, Anurak Pitiraksakun, Kamoltip Sudjaanuntakun (2004). Experimental Design in Spray Drying of Rice-milk Powder, Research and development journal, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Vol 31, No. 4, (In Thai).

John S. Oakland. 1999. Statistical process control. 4th ed. Oxford, Butterworth Heinemann: UK.

Montgomery, D.C. 2001. Design and analysis of experiment. 5th ed. John Wiley and Sons: New York.