

การควบคุมคุณภาพกระบวนการผลิตเนื้อสบู่เหลว
ด้วยการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล
THE QUALITY CONTROL OF NEAT-SOAP PROCESS
WITH FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN

จักรินทร์ กลั่นเงิน และ อนุเชษฐ์ พลเยี่ยม
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลในการกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสม เพื่อใช้ควบคุมเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวที่ใช้ในกระบวนการผลิตสบู่ก้อน โดยข้อกำหนดเปอร์เซ็นต์น้ำที่อยู่ในเนื้อสบู่เหลว คือ 29 - 31% จากการใช้แผนภาพเหตุและผล ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด ได้แก่ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ (Washing column) และรอบการเหวี่ยงของถังเซนตริฟิว (Centrifuges) เมื่อนำปัจจัยดังกล่าวมาออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) ได้ค่าที่เหมาะสมในกระบวนการ คือ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ที่ 30% และรอบการเหวี่ยงของถังเซนตริฟิวที่ 4,500 รอบต่อนาที ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวเฉลี่ยจากเดิม 27.40% หลังปรับปรุงเฉลี่ยเป็น 30.393% ซึ่งอยู่ภายใต้ข้อกำหนด

คำสำคัญ: การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล, การควบคุมคุณภาพ, การผลิตเนื้อสบู่เหลว

ABSTRACT

This research is the application of factorial experimental design to optimize significant parameters controlling the water percentage in neat-soap for soap finishing process. The specification of the water percentage in neat-soap is 29 - 31%. The cause and effect diagram was used to identify significant parameters associated out-of-specification of the water percentage in neat-soap. It was found that the significant parameters were the water level in washing column and the rotational speed of centrifuges. By using the factorial experimental design at a significant level of 0.05 ($\alpha = 0.05$), the optimal values of the water level in washing column and the rotational speed of centrifuges were 30% and 4,500 rpm,

respectively. After process improvement, the average of water percentage in neat-soap was within specification limit which increased from 27.40% to 30.393%.

KEYWORDS: Factorial design, Quality control, Neat-soap process

1. บทนำ

จากการศึกษากระบวนการผลิตสบู่ก่อนพบขั้นตอนที่มีความสำคัญในกระบวนการผลิต นั่นก็คือ การแยกกลีเซอริน (Glycerin) ออกจากเนื้สบู่ การแยกเกลือ ต่าง และน้ำบางส่วนออก ซึ่งกระบวนการนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า เนื้สบู่เหลว (Neat-soap) โดยปกติในเนื้สบู่เหลวควรจะมีน้ำผสมอยู่ระหว่าง 29 - 31% เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของโกลบอลเทคโนโลยีเซ็นเตอร์ (Global technology center) ซึ่งเป็นผู้กำหนดสูตรการผลิตสบู่ของบริษัทกรณีศึกษา จากนั้นจะนำเนื้สบู่เหลวผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ไอน้ำ แล้วพ่นละอองให้กลายเป็นสบู่เม็ด (Soap ships) แล้วอัดขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อนต่อไป หากการควบคุมเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้สบู่เหลวไม่อยู่ในข้อกำหนดทำให้การควบคุมปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อใช้ในการระเหยของน้ำที่ถึงฉีดสบู่เม็ด (Spray dryer) ก็จะเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องปรับค่าไอน้ำที่ใช้ในการระเหยให้แปรผันตามปริมาณความชื้นในเนื้สบู่เหลวตลอดเวลา ส่งผลให้สบู่ก้อนไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาไม่สามารถควบคุมขั้นตอนการผลิตเนื้สบู่เหลวได้ตามข้อกำหนด นั่นคือ มีเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้สบู่เหลวเฉลี่ยอยู่ที่ 27.40% ถือว่าต่ำกว่าข้อกำหนด ดังนั้นจึงได้ศึกษารายละเอียดของปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้สบู่เหลวโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล [1, 2] ในการกำหนดค่าปัจจัยที่มีผลต่อขั้นตอนการผลิตเนื้สบู่เหลวต่อไป

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตสบู่ก้อน

เนื้สบู่เหลว (Neat-soap) คือ เนื้สบู่บริสุทธิ์ที่ผ่านการแยกกลีเซอริน (Glycerin) และแยกไลย์ (Lye) หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) ซึ่งประกอบไปด้วยด่าง เกลือ และน้ำส่วนหนึ่งออกไป ในขั้นตอนนี้จะนำเนื้สบู่เหลวไปทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์น้ำที่อยู่ในเนื้สบู่เหลว โดยปกติควรจะมีน้ำผสมอยู่ในเนื้สบู่เหลวระหว่าง 29 - 31% เมื่อได้เนื้สบู่เหลวมาแล้วจะนำไปผ่านกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้ไอน้ำอีกครั้งให้เหลือเปอร์เซ็นต์น้ำที่ 13.5 % เพื่อนำเนื้สบู่เหลวไปพ่นละอองให้กลายเป็นสบู่เม็ด (Soap chips) แล้วอัดขึ้นรูปเป็นสบู่ก้อนต่อไป [3]

2.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k

การออกแบบการทดลองเป็นกระบวนการในการวางแผนการทดลอง เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติหรืออาจกล่าวได้ว่า การออกแบบการทดลอง คือ การทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่องโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรนำเข้า (Input variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจ เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Response) [4, 5]

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3^k คือ การออกแบบที่แต่ละระดับประกอบไปด้วย 3 ระดับ (ต่ำ ปานกลาง และสูง) ในการออกแบบเมื่อปัจจัยมีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ สามารถแทนระดับต่ำ ปานกลาง และสูง ด้วย -1, 0 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งการใช้สัญลักษณ์เช่นนี้จะทำให้ง่ายในการสร้างแบบจำลองการถดถอยของผลตอบที่เกิดจากแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ากำหนดให้ x_1 แทนปัจจัย A และ x_2 แทนปัจจัย B แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ x_1 และ x_2 สามารถแสดงได้โดย [6]

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \varepsilon \quad (1)$$

การประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 3^k ในการควบคุมคุณภาพของของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตนั้น ถือได้ว่าเป็นวิธีการที่ทุกกระบวนการผลิตสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [7, 8]

2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

กรณีที่ทำการทดลองเชิงแฟคทอเรียลเต็มรูปแบบนั้น จะต้องพิจารณาผลกระทบร่วมของปัจจัยก่อนเสมอ และในการทดลองที่มากกว่า 2 ปัจจัย จะไม่วิเคราะห์ผลกระทบร่วมตั้งแต่ 3 ปัจจัยขึ้นไป เนื่องจากถือว่าผลกระทบร่วม 3 ปัจจัย มีอิทธิพลต่อความตอบสนองน้อยมาก ถ้าผลกระทบร่วมมีนัยสำคัญ ($p\text{-value} < \alpha$) จะไม่ทำการพิจารณาปัจจัยหลักที่ทำการพิจารณาปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบร่วม การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบสมมติฐานทางสถิติในการทดลองที่มีปัจจัยที่สนใจศึกษา 2 ปัจจัย คือ A และ B คือ

1. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย A คือ

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

$$H_1 : \tau_i \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

2. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลหลักของปัจจัย B คือ

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

$$H_1 : \beta_j \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

3. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลร่วมของ 2 ปัจจัย คือ

$$H_0 : (\tau\beta)_{ij} = 0 ; \forall i, j$$

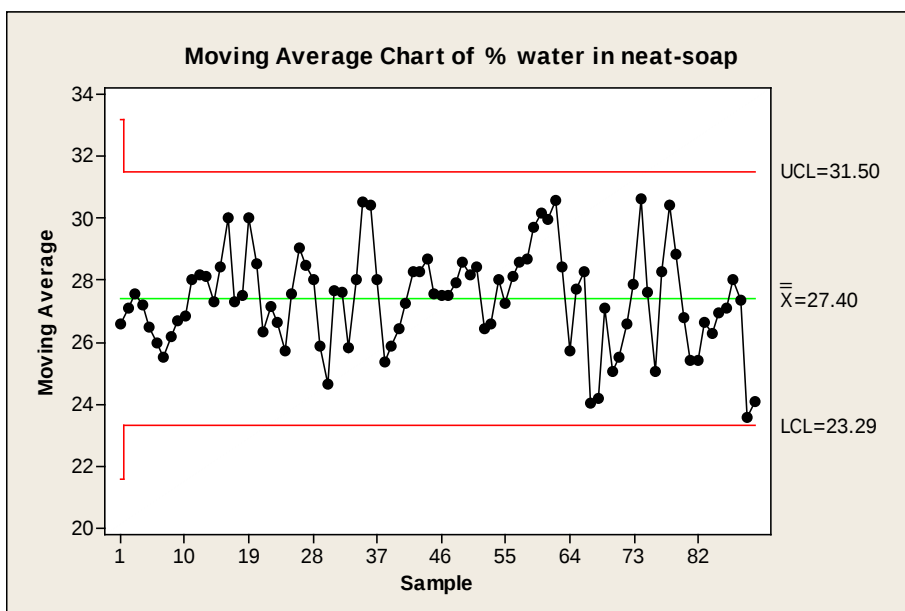
$$H_1 : (\tau\beta)_{ij} \neq 0 \text{ อย่างน้อย 1 ค่า}$$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติทั้ง 3 ข้างต้น โดยอาศัยตรรกะของการวิเคราะห์ความแปรปรวน และใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดในการคำนวณความเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด การคำนวณหาผลบวกกำลังสองของความแตกต่างทั้งหมดของข้อมูลแต่ละตัวที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย [9, 10]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลพื้นฐาน

จากการศึกษากระบวนการผลิตสบู่ก้อนของบริษัทกรณีศึกษา พบว่าในขั้นตอนของการผลิตเนื้อสบู่เหลว (Neat-soap) ซึ่งถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของสบู่ก้อนนั้น ยังไม่สามารถที่จะควบคุมเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวให้ได้ตามข้อกำหนดมาตรฐานดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวจากห้องทดลองของบริษัทกรณีศึกษา ตั้งแต่เดือน เมษายน - สิงหาคม 2557 แล้วทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average control chart) ดังรูปที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนด (Specification) ตามมาตรฐาน

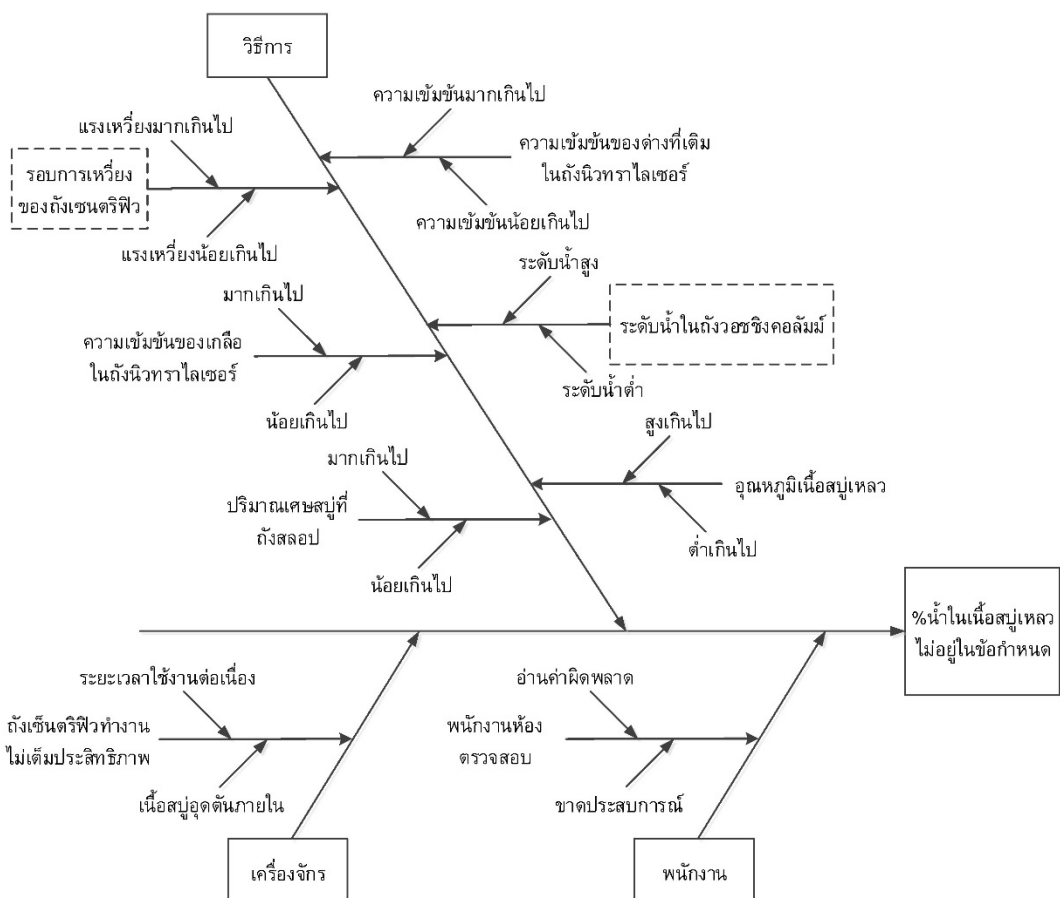


รูปที่ 1 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลว

จากรูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับแหลวก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 27.40% ilitควมคุมบณที่ 31.50 และลิมิตควมคุมล่งที่ 23.29 ซึ่งมค้ท่ต่ำกว่ข้ก้หณทของการผลิตเนื้อสับแหลวก้ก้หณทเปอร์เซนต์น้ำในเนื้อสับแหลวไว้ที่ 29 - 31% ดังนั้น จึงสรุปได้ว่ในขันตอนการผลิตเนื้อสับแหลวของบริษัทรณศกษายังมค้ณภพต่ำกว่ท่มาตรฐานได้ก้หณทไว้

3.2 การกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา

การกำหนดปัจจัยที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการระดมสมอง (Brainstorming) ของคณะทำงานซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต จากนั้นได้นำเครื่องมือทางการควบคุมคุณภาพมาใช้ในการระบุสาเหตุของปัญหา คือ แผนภาพเหตุและผล (Cause and effect diagram) โดยพิจารณาสาเหตุที่ส่งผลโดยตรงต่อลักษณะของปัญหาที่สนใจศึกษา จัดกลุ่มของสาเหตุความเป็นไปได้ตามหลัก คน เครื่องจักร และวิธีการ แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพเหตุและผลของปัญหาเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับแหลวไม่อยู่ในข้อกำหนด

จากแผนภาพเหตุและผล สามารถสรุปปัจจัยนำเข้าที่สำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อโดยตรงต่อลักษณะของปัญหาที่สนใจ คือ เปอร์เซนต์น้ำในเนื้อสบูเหลวไม่อยู่ในข้อกำหนด ได้แก่ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ และแรงเหวี่ยงของถังเซนตริฟิว ซึ่งปัจจัยข้างต้นสามารถแบ่งระดับปัจจัยได้เป็น 3 ระดับดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยและระดับปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับปัจจัย			หน่วย
		สูง	ปานกลาง	ต่ำ	
ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์	A	35	30	25	เปอร์เซนต์
รอบการเหวี่ยงของถังเซนตริฟิว	B	4,500	4,200	3,800	รอบ/นาที

การศึกษาปัญหาการทดลองที่ตัวแปรตอบสนองมีค่าผันแปรอันเนื่องมาจากผลกระทบของปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัย การออกแบบการทดลองจึงใช้การทดลองแบบเชิงแฟคทอเรียล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ผล โดยกำหนดค่าระดับของปัจจัยดังแสดงในตารางที่ 1 และทำการทดลองซ้ำ 4 รอบ

$$\begin{aligned}
 \text{จำนวนการทดลอง} &= \text{ผลคูณของระดับปัจจัยทุกปัจจัย} \times \text{จำนวนครั้งที่ทำซ้ำ} \quad (2) \\
 &= 32 \times 4 \\
 &= 36 \text{ การทดลอง}
 \end{aligned}$$

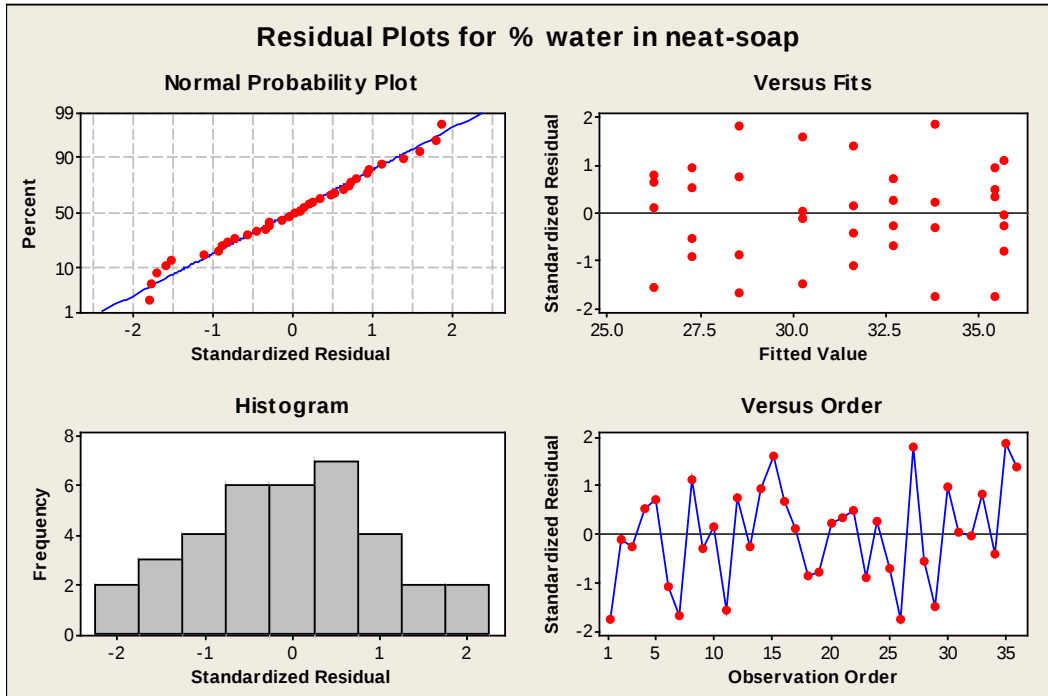
4. ผลการศึกษา

4.1 การทดสอบการแจกแจงและการกระจายของข้อมูล

การตรวจสอบเพื่อหาความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง ควรมีการกระทำทุกครั้งภายหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองเสร็จสิ้น ซึ่งการวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลองนี้สามารถวิเคราะห์ผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ดังรูปที่ 3 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลจากการทดลองมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ (Normal probability) ของค่าความผิดพลาด (Residuals) โดยพิจารณาจากเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง
2. การตรวจสอบความมีเสถียรภาพของความแปรปรวน พิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลแบบสุ่มจากค่าศูนย์แสดงว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน
3. รูปแบบของฮิสโตแกรม (Histogram) มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ มีการกระจายตัวจากค่าเฉลี่ยเกือบจะสมมาตร ถือได้ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ

4. การตรวจสอบความเป็นอิสระของค่าความผิดพลาด ลักษณะของข้อมูลเป็นรูปแบบไม่มีแนวโน้ม รวมถึงมีการกระจายตัวรอบค่าศูนย์แสดงว่าข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของตัวแบบจำลอง

4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

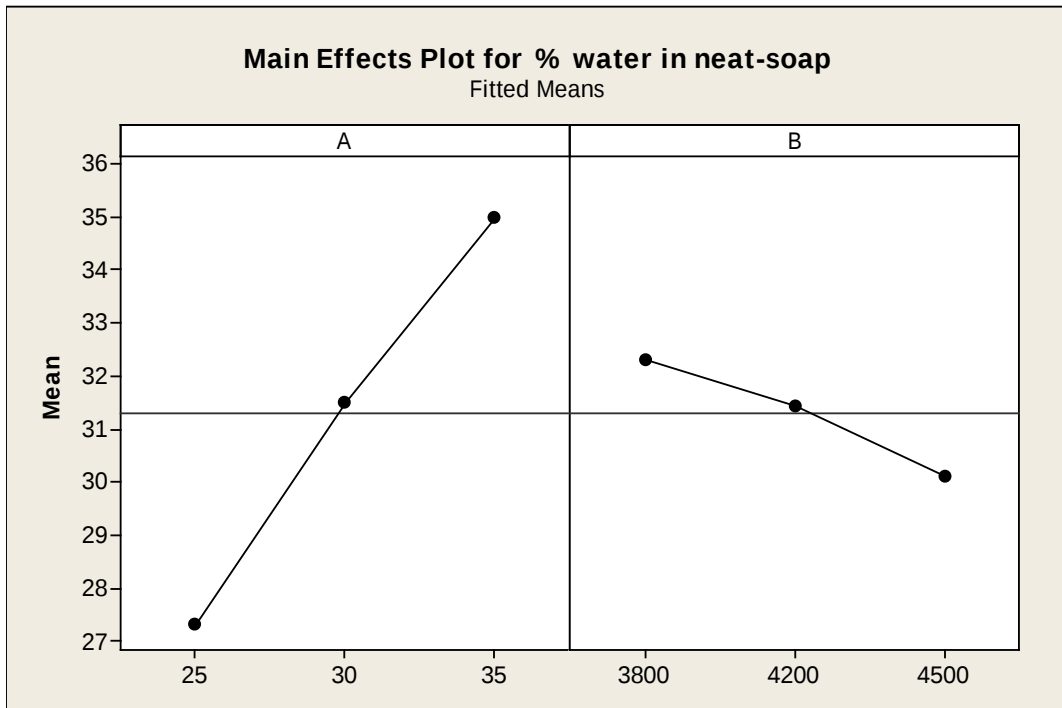
การวิเคราะห์และสรุปผลโดยการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยพิจารณา ผลกระทบของปัจจัยหลักและปัจจัยร่วมที่มีผลต่อค่าตอบสนองที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) พบว่า ปัจจัยร่วม A*B มีค่า *p-value* มากกว่าค่า α ทำให้สามารถตัดปัจจัยร่วมออกจากการพิจารณาได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัจจัยเดี่ยว A และ B ซึ่งมีค่า *p-value* น้อยกว่าค่า α แสดงว่า ปัจจัยทั้งคู่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลว ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัย

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	353.394	353.394	176.697	1285.87	0.000
B	2	29.515	29.515	14.758	107.40	0.000
A*B	4	1.206	1.206	0.301	2.19	0.097
Error	27	3.710	3.710	0.137		
Total	35	387.826				

4.3 การวิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัย

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากตารางที่ 2 นำปัจจัยเดียวที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลว คือ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ (A) และแรงเหวี่ยงของถังเซนตริฟิว (B) มาวิเคราะห์ด้วยกราฟผลกระทบหลัก (Main effect plot) เพื่อพิจารณากำหนดระดับของปัจจัยเดี่ยวทั้ง 2 ปัจจัย ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟผลกระทบหลัก (Main effect plot) ของปัจจัยหลัก

จากรูปที่ 4 สามารถพิจารณาถึงระดับที่ส่งผลให้การผลิตสบู่เหลวมีปริมาณน้ำอยู่ในข้อกำหนด โดยระดับของปัจจัย A คือ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ที่ 30% และระดับของปัจจัย B คือ แรงเหวี่ยงของถังเซนตริฟิวที่ 4,500 รอบต่อนาที

4.4 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

สมการถดถอย คือ สมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ในลักษณะเชิงเส้นระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวกับปัจจัยของการทดลองนี้ โดยจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแต่ละปัจจัย

ตารางที่ 3 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของการทดลอง

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	21.186	1.259	16.82	0.000
A	0.76642	0.01891	40.53	0.000
B	-0.0030926	0.0002692	-11.49	0.000

จากตารางที่ 3 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear regression) ของปัจจัยที่ได้ทำการศึกษา ดังสมการที่ 3

$$y = 21.186 + 0.76642A - 0.0030926B \quad (3)$$

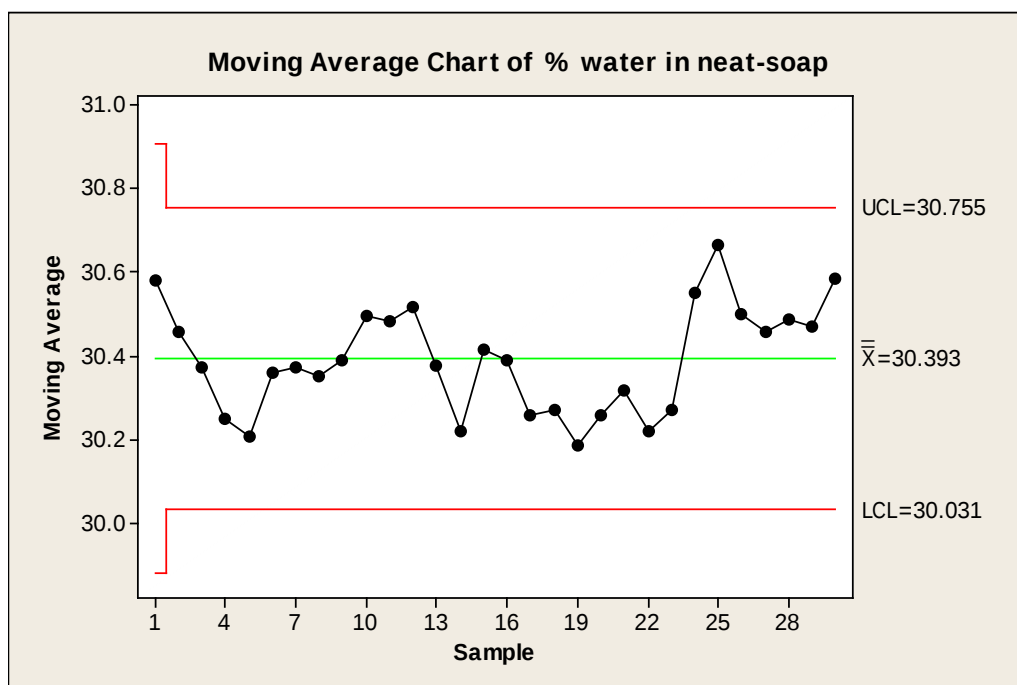
เมื่อแทนค่าระดับปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ผลกระทบหลักในหัวข้อ 4.3 คือ ปัจจัย A ที่ 30% และปัจจัย B ที่ 4,500 รอบต่อนาที ลงในสมการที่ 3 จะได้

$$y = 21.186 + 0.76642(30) - 0.0030926(4,500) = 30.2619$$

จากการแทนค่าระดับปัจจัยในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายได้ผลลัพธ์ของคำตอบ คือ 30.2619 ซึ่งก็คือค่าพยากรณ์ของเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับหมูเลวหากมีการปรับตั้งระดับปัจจัยดังที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของค่าพยากรณ์แล้วนั้น สรุปได้ว่าขั้นตอนการผลิตเนื้อสับหมูเลวจะสามารถควบคุมเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับหมูเลวได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

4.5 ยืนยันผลการปรับปรุง

จากการวิเคราะห์ตามหัวข้อที่ 4.3 และ 4.4 จึงได้นำระดับของปัจจัยที่เหมาะสมไปปรับใช้ในกระบวนการผลิตจริง และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับหมูเลวในขั้นตอนการผลิตเนื้อสับหมูเลวโดยการสุ่มตัวอย่างครั้งละ 3 ตัวอย่าง ตั้งแต่เดือน มีนาคม – เมษายน 2558 จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average control chart) ดังรูปที่ 5 พบว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการหลังการปรับปรุง คือ 30.393 ลิ้มิตควบคุมบน คือ 30.755 และลิ้มิตควบคุมล่าง คือ 30.031 ซึ่งเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของโกลบอลเทคโนโลยีเซ็นเตอร์ (Global technology center) กระบวนการผลิตเนื้อสับหมูเลวต้องมีเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสับหมูเลวอยู่ระหว่าง 29 – 31% นั้น ถือได้ว่า หลังการปรับปรุงสามารถทำการผลิตเนื้อสับหมูเลวที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำอยู่ภายใต้ข้อกำหนด



รูปที่ 5 แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลว (หลังปรับปรุง)

5. สรุปผล

จากการศึกษากระบวนการผลิตสบู่ก้อนในส่วนของการผลิตเนื้อสบู่เหลวของบริษัท กรณีศึกษา โดยข้อกำหนดของขั้นตอนการผลิตเนื้อสบู่เหลวต้องมีเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวอยู่ระหว่าง 29 - 31% ซึ่งก่อนการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าข้อกำหนด หลังจากนำหลักการออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 3^k มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุง และทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลว 2 ปัจจัย จากนั้นทำการกำหนดระดับของปัจจัยในกระบวนการผลิตจริง คือ ระดับน้ำในถังวอชิงคอลัมน์ที่ 30% และรอบการเหวี่ยงของถัง เซ็นตริฟิวที่ 4,500 รอบต่อนาที ทำให้เปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวก่อนการปรับปรุงมีค่าเฉลี่ยที่ 27.40% หลังการปรับปรุงเปอร์เซ็นต์น้ำในเนื้อสบู่เหลวมีค่าเฉลี่ยที่ 30.393%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท คอลเกต - ปาล์มโอลีฟ (ประเทศไทย) จำกัด และทีมงานในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ สำหรับความช่วยเหลือทั้งทางด้านข้อมูล การทดลองและคำแนะนำต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Elisangela Heiderscheidt, Tiina Leiviska and Bjørn Kløve. (2015). "Chemical treatment response to variations in non-point pollution water quality: Results of a factorial design experiment". **Journal of Environmental Management**. (150): 164-172.
- [2] Yu-Ru Li, Meei-Fang Shue, Yi-Chyun Hsu, Wen-Liang Lai and Jen-Jeng Chen. (2014). "Application of Factorial Design Methodology for Optimization of Transesterification Reaction of Microalgae Lipids". **Energy Procedia**. (52): 377-382.
- [3] สกฤตต์ สกฤแก้ว. (2552). การปรับปรุงคุณภาพอุตสาหกรรมการผลิตสบู่ก้อน. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.
- [4] D.C. Montgomery. (2005). **Design and analysis of experiments**. 6th ed. USA: John Wiley & Sons.
- [5] ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. (2551). การออกแบบและการวิเคราะห์ผลการทดลอง. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ บริษัทสำนักพิมพ์ท็อปจำกัด.
- [6] ปารเมศ ชูติมา. (2545). การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] ธนายุติ อันทะแสง. (2554). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการชุบผิวด้วยการออกแบบการทดลอง. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.
- [8] ธิดิ นนทะแก้ว. (2554). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตชิ้นส่วนเพลาชับริถยนต์. วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา.
- [9] อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. (2542). วิธีการทางสถิติและการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [10] จักรินทร์ กลั่นเงิน และรัฐวุฒิ เพ็ชรแก้ว. (2557). "การลดของเสียในกระบวนการฉีดสายไฟรถยนต์ด้วยการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียล". การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2557. 30-31 ตุลาคม 2557. สมุทรปราการ: 813-818.

ประวัติผู้เขียนบทความ



จักรินทร์ กลั่นเงิน

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

199 ถนนสุขุมวิท ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

โทรศัพท์ 038-354-580-4 ต่อ 2816 โทรสาร 038-354-849

E-mail : jakkarin@eng.src.ku.ac.th

งานวิจัยที่สนใจ : ระบบการจัดการคุณภาพ (Quality management system) การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical process control)



อนุเชษฐ์ พลเยี่ยม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

199 ถนนสุขุมวิท ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

โทรศัพท์ 038-354-580-4 โทรสาร 038-354-849

E-mail : anuchet.p@gmail.com