



การควบคุมปริมาตรของครีมอาบน้ำในกระบวนการบรรจุ

VOLUME CONTROL OF SHOWER CREAM IN THE FILLING PROCESS

ศุภชัย นาทะพันธ์* กฤษณะ ส่งแสง จิราวรรณ ไกรตะนะ และเสกสรรค์ มุสิเกตุ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จ.นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมการบรรจุครีมอาบน้ำของเครื่องบรรจุชนิด 6 หัวบรรจุ ให้เป็นไปตาม มอก. 1403-2551 และข้อกำหนดของลูกค้า นั่นคือการควบคุมการบรรจุให้ได้ปริมาตรสุทธิ 500 มิลลิลิตร ภายใต้น้ำหนัก 516-518 กรัม โรงงานบรรจุครีมอาบน้ำลงในบรรจุภัณฑ์ประเภทขวดเกิดน้ำหนักผันแปรระหว่าง 517.40-518.26 กรัม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้แผนผังแสดงเหตุและผลในการค้นหาสาเหตุร่วมกับการออกแบบการทดลองแบบบล็อกพบว่า ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของครีมอาบน้ำก่อนการบรรจุ ชุดควบคุมปริมาตรในการบรรจุให้น้ำหนักไม่เท่ากัน และพนักงานปรับตั้งค่าน้ำหนักไม่เหมือนกัน รวมถึงการใช้แผนผังความสัมพันธ์หาแนวทางหลักในการควบคุมโดยการแก้สาเหตุที่ส่งผลต่อความผันแปร ผลการวิจัยพบว่า (1) อุณหภูมิภายหลังการผสมครีมอาบน้ำสูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักบรรจุลดลง (2) การพัฒนาความละเอียดให้กับชุดควบคุมปริมาตรเพื่อควบคุมระยะชักของก้านควบคุมปริมาตรของ 6 หัวบรรจุให้แตกต่างกัน และ (3) การสร้างวิธีการในการปรับตั้งปริมาตรของกระบอกตวงให้สอดคล้องกับแต่ละค่าของอุณหภูมิควบคุมจะทำให้ครีมอาบน้ำในแต่ละขวดมีน้ำหนักไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ภายหลังการควบคุมสาเหตุทั้ง 3 ข้างต้นทำให้ครีมอาบน้ำที่บรรจุมีค่าน้ำหนัก 516.98-517.12 กรัม

คำสำคัญ: กระบวนการบรรจุ, การควบคุมปริมาตร, การออกแบบการทดลองแบบบล็อก, แผนผังความสัมพันธ์

ABSTRACT

The purpose of this research is to control shower cream filling of 6 nozzles filling machine according to TIS 1403-2008 and customer requirements. That is filling control, has a net volume of 500 milliliters under the weight between 516 - 518 grams. The factory fills shower cream into the bottles and the weight of shower cream varies between 517.40 - 518.26 grams. Therefore, the researchers use cause and effect diagram to find the causes with the block experimental design, the results showed that there are no temperature control of shower cream before filling, unequal weight from volume control unit and different employees' setting the weight. Including the use of the relation diagram to find the key ideas to control via solving causes that may affect to variation. The research found that (1) the high temperature after mixing shower cream will cause to reduce the filling weight, (2) improving the resolution of volume control unit will control the stroke of the 6 nozzles piston rod differently and (3) establishing the procedure to adjust the volume of cylinder corresponding to the controlled temperature of shower cream will make the shower cream in each bottle having no significant difference in weight. After controlling 3 causes above, the weight of shower cream is in the range of 516.98 - 517.12 grams.

KEYWORDS: Filling Process, Volume Control, Block Experimental Design, Relation Diagram

1. บทนำ

ครีมอาบน้ำถูกพัฒนามาจากสบู่เพื่อความง่ายต่อการใช้งาน พกพาได้สะดวก และเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภคมากขึ้น [1] ในปี พ.ศ. 2559 อัตราการเติบโตของตลาดเพิ่มสูงขึ้นจากปีก่อนหน้าถึงร้อยละ 10 ของสัดส่วนมูลค่าในตลาด 1 หมื่นล้านบาท [2] ปัจจุบันในพิจารณาชื่อของลูกค้านั้นประกอบด้วย น้ำหนัก ราคา และคุณภาพของครีมอาบน้ำ ดังนั้น ผู้ผลิตครีมอาบน้ำจึงต้องควบคุมน้ำหนักภายใต้กรอบของราคาเพื่อให้มีคุณภาพสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 1403-2551 [3] โดย มอก. ระบุให้ปริมาณสุทธิของครีมอาบน้ำที่บรรจุต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้บนที่ฉลาก กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์ขนาด 500 มิลลิลิตร ผู้ผลิตต้องหาวิธีการควบคุมการบรรจุครีมอาบน้ำให้มีน้ำหนักเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพที่ลูกค้ากำหนด นั่นคือ ต้องควบคุมครีมอาบน้ำให้มีปริมาตรสุทธิไม่น้อยกว่า 500 มิลลิลิตร การที่ลูกค้าได้รับผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักไม่ได้ตามข้อกำหนดที่ระบุไว้ข้างบรรจุภัณฑ์จะทำให้ความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อบริษัทลดลงจากการควบคุมปริมาณของครีมอาบน้ำไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดคุณภาพ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาด้านคุณภาพ

งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ [4] ได้แก่ ใบตรวจสอบ (Check Sheet) สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลค่าน้ำหนักและวิเคราะห์ปัญหาที่ไม่ได้ตามข้อกำหนด แผนผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่เป็นไปได้ที่ทำให้เกิดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุของครีมอาบน้ำ [5] นอกจากการใช้แผนผังก้างปลา งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือแผนผังความสัมพันธ์ (Relation Diagram) สำหรับวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนให้คลี่คลายและเชื่อมโยงกัน [6] และค้นหาแนวทางควบคุมสาเหตุที่ส่งผลต่อค่าน้ำหนักครีมอาบน้ำ รวมถึงการใช้แผนภูมิควบคุม (Control Charts) ในการควบคุมความผันแปรของกระบวนการก่อนและหลังปรับปรุง [7] เพื่อให้มั่นใจว่ากระบวนการบรรจุอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมและสามารถบรรจุครีมอาบน้ำโดยให้ค่าน้ำหนักเป็นไปตามข้อกำหนด

2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด

เหมาะสำหรับระบบการวัดที่สามารถวัดซ้ำได้ เพราะภายในระบบการวัดทุกรูปแบบจะเกิดความผันแปรขึ้นภายใต้สภาวะการควบคุมทางสถิติ โดยค่าความผันแปรของค่าสังเกตเกิดจากความผันแปรของตัวเอง และเกิดจากความผันแปรของเครื่องมือหรือระบบการวัด โดยเครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบน้ำหนัก อาจไม่แม่นยำและไม่เที่ยงตรง [8-10] จึงได้ทำการวัดสมรรถภาพด้วยอัตราส่วน P/T (Precision-to-Tolerance Ratio) [4, 11] เพื่อวิเคราะห์สมรรถภาพของเครื่องชั่ง

2.3 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิต การออกแบบการทดลองจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการออกแบบการทดลองโดยใช้แบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ [12, 13] เพื่อควบคุมอุณหภูมิและบล็อกความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นที่หัวบรรจุทั้งหมด

3. วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน

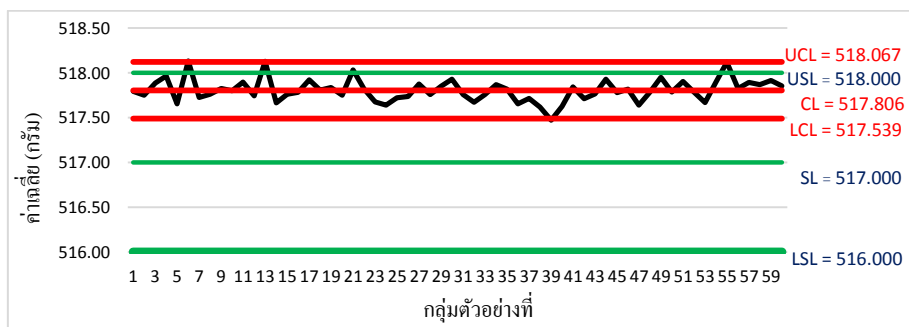
3.1 การศึกษาผลิตภัณฑ์และเครื่องบรรจุ

ผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา คือ ครีมอาบน้ำฟอกขี้ดกลิ่นกุหลาบขนาด 500 มิลลิลิตร และเครื่องจักรที่ทำการศึกษาคือ เครื่องบรรจุอัตโนมัติแนวตั้ง [14] ประเภท 6 หัว ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ไฮดรอลิกส์ ควบคุมแรงดันลมที่ 599.844 กิโลปาสกาล (87 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) อัตราการบรรจุ 40 ขวดต่อนาที ปริมาตรการบรรจุปรับได้ 100 – 1,000 กรัม

3.2 การศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การควบคุมผลิตภัณฑ์ครีมอาบน้ำฟอกขี้ด นกแก้ว ได้กำหนดตัวชี้วัดคือน้ำหนักของครีมอาบน้ำโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ ค่าน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบจะมีหน่วยเป็นกรัม ซึ่งแปลงจากปริมาตรสุทธิ 500 มิลลิลิตรภายใต้ค่าความถ่วงจำเพาะ 1.03 นั่นคือ น้ำหนักบรรจุของครีมอาบน้ำที่ควรจะเป็นคือ 515 กรัม โรงงานผู้ผลิตมีข้อกำหนดให้บรรจุครีมอาบน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 517 ± 1 กรัม เพื่อให้ค่าน้ำหนักบรรจุมากกว่าข้อกำหนด 2 กรัม และสอดคล้องกับ มอก. 1403-2551

การศึกษาข้อมูลของบริษัทย้อนหลัง 8 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 เพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลให้น้ำหนักของครีมอาบน้ำเกินข้อกำหนด ผู้วิจัยมีสมมติฐานว่าค่าน้ำหนักของครีมอาบน้ำได้รับผลกระทบจากความผันแปรของน้ำหนักขวดที่ใช้บรรจุครีมอาบน้ำ เพราะการชั่งน้ำหนักได้น้ำค่าน้ำหนักของครีมอาบน้ำรวมกับน้ำหนักขวดหักลบกับค่าน้ำหนักเฉลี่ยของขวดเนื่องจากน้ำหนักของขวดเปล่าที่นำมาหักลบไม่ได้เกิดจากการหักลบในแต่ละขวด ดังนั้นจึงปรับเปลี่ยนเป็นการชั่งน้ำหนักขวดเปล่าทีละขวดก่อนการบรรจุแล้วชั่งน้ำหนักของเครื่องชั่งน้ำหนัก ผลการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อศึกษาโดยการลดสาเหตุจากน้ำหนักของขวดในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 พบว่ามีค่าเฉลี่ยของครีมอาบน้ำ (CL) จาก 517.829 กรัม ลดลงเป็น 517.806 กรัม ค่าพิสัยจาก 0.892 กรัม ลดลงเป็น 0.653 กรัม เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยน้ำหนักของการบรรจุครีมอาบน้ำพบว่าอยู่สูงกว่าข้อกำหนด ดังรูปที่ 1 และค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการผลิตมีค่าเท่ากับ 0.251 โดย $C_{pk} < C_p$ กล่าวคือค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตไม่อยู่จุดกึ่งกลางระหว่างข้อกำหนด แต่อยู่ในลักษณะก่อนไปขีดจำกัดควบคุมบน คือ 518 กรัม ดังนั้นต้องปรับค่าเฉลี่ยน้ำหนักให้ลดลงมาที่จุดกึ่งกลางของขีดจำกัดควบคุม (SL) เพื่อให้ค่าสมรรถนะของกระบวนการผลิตสูงขึ้นเมื่อเทียบกับข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์

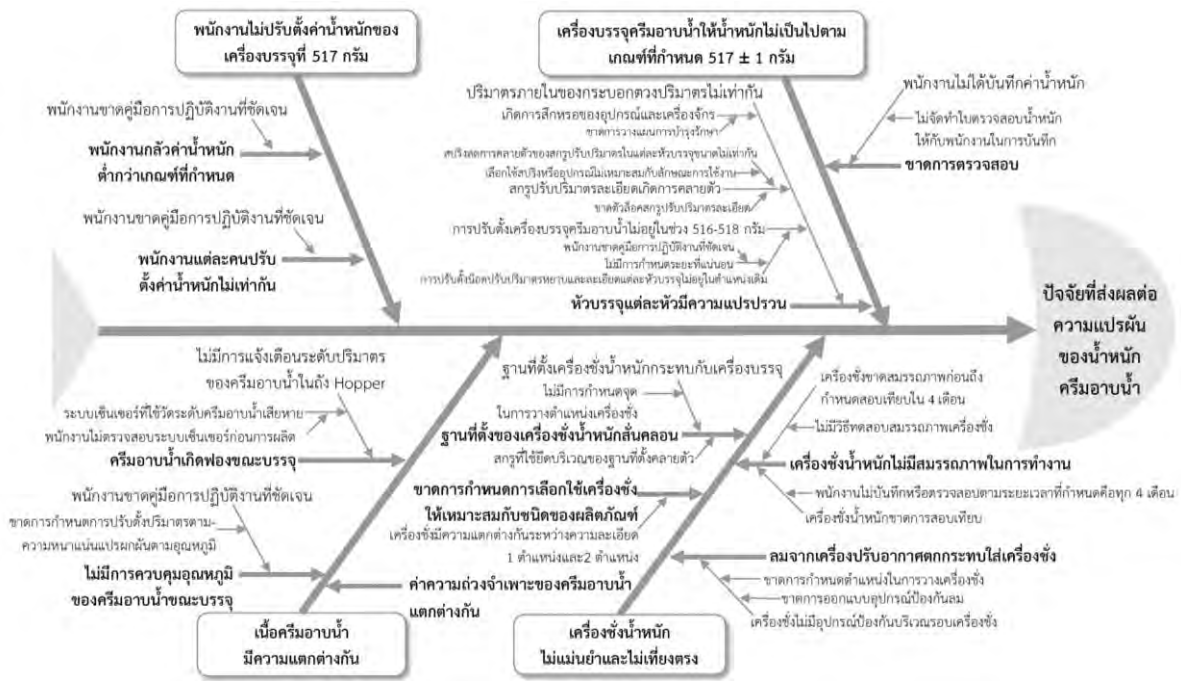


รูปที่ 1 น้ำหนักในกระบวนการบรรจุเปรียบเทียบกับข้อกำหนดน้ำหนักของครีมอาบน้ำฟอกขี้ด นกแก้ว

3.3 การค้นหาสาเหตุของปัญหา

เมื่อพบว่าค่าน้ำหนักครีมอาบน้ำไม่อยู่ในข้อกำหนดของผู้ผลิต ผู้วิจัยได้ระดมความคิดเห็นร่วมกับพนักงานในแผนกผลิตเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังก้างปลา ผลพบว่า ปัจจัยที่อาจส่งผลต่อความผันแปรของน้ำหนักครีมอาบน้ำ คือ 1) เครื่องชั่ง

น้ำหนักไม่แม่นยำและไม่เที่ยงตรง 2) เนื้อครีมอบน้ำมีความแตกต่างกัน 3) เครื่องบรรจุครีมอบน้ำให้ค่าน้ำหนักไม่ไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 517 ± 1 กรัม และ 4) พนักงานปรับตั้งค่าน้ำหนักที่เครื่องบรรจุไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 2

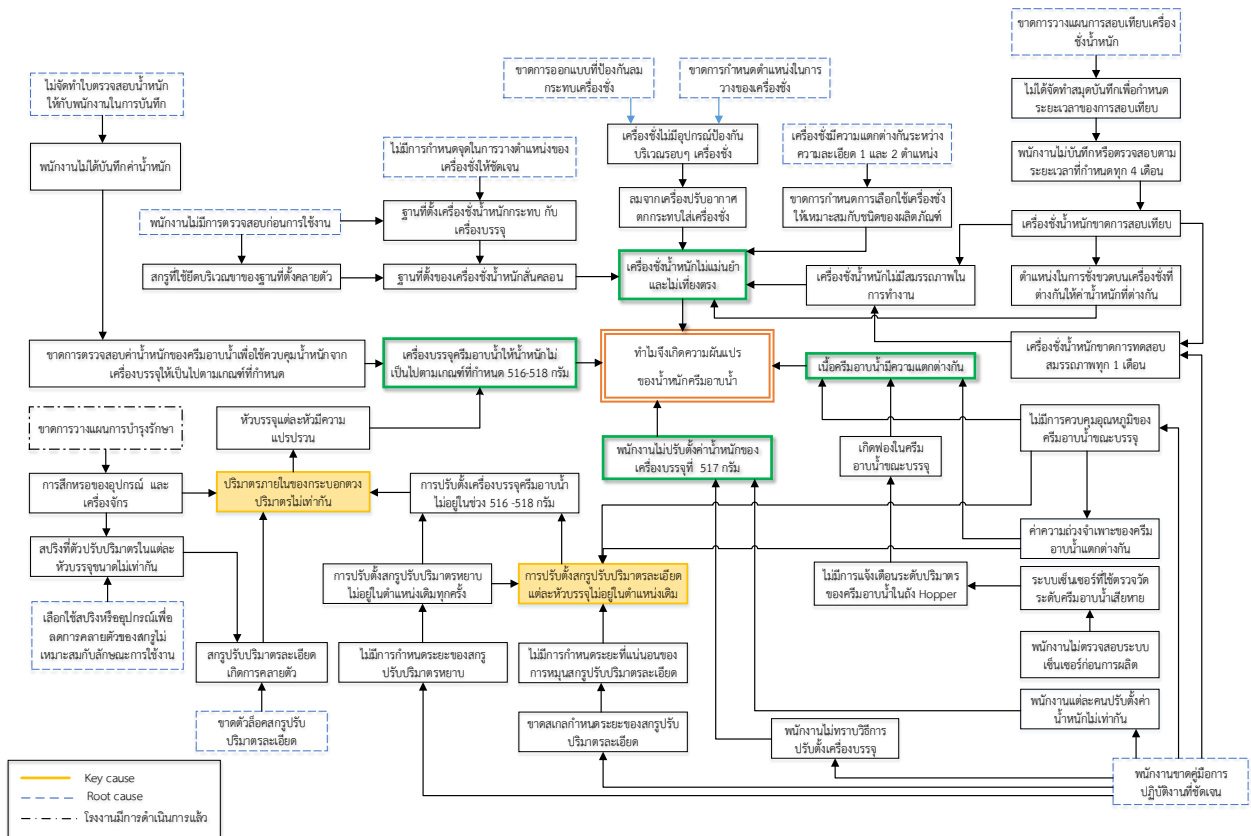


รูปที่ 2 ความผันแปรผันของน้ำหนักครีมอบน้ำในกระบวนการบรรจุครีมอบน้ำ

ผู้วิจัยได้ประยุกต์แผนผังความสัมพันธ์เพื่อค้นหาแนวทางหลัก (Key Idea หรือ Key Cause) ในการควบคุมปัญหาสามารถพิจารณาได้จากจำนวนลูกศรที่พุ่งเข้าและพุ่งออกมากที่สุดจากสาเหตุทั้งหมด พิจารณาในรูปที่ 3 แนวทางหลัก คือ แนวทางในการควบคุมปริมาตรภายในของกระบอกตวงปริมาตรให้เท่ากัน โดยการควบคุมการปรับตั้งสกรูปรับปริมาตรละเอียดแต่ละหัวบรรจุ

3.4 วิธีการดำเนินการแก้ไข

จากผลการวิเคราะห์สาเหตุในหัวข้อที่ 3.3 ผู้วิจัยวางแผนการดำเนินการแก้ไข 4 สาเหตุดังนี้ สาเหตุที่ 1) ค่าที่วัดได้จากเครื่องชั่งน้ำหนักต้องมีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ โดยพิจารณาระยะเวลาการสอบเทียบของเครื่องชั่งและการทดสอบสมรรถภาพเครื่องชั่งด้วยอัตราส่วน P/T (Precision-to-Tolerance Ratio) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.042 ซึ่งไม่เกิน 0.1 นั่นคือ เครื่องชั่งมีสมรรถภาพเพียงพอ [4] รวมถึงการจัดการตัวแปรปรววน นั่นคือ ลมจากเครื่องปรับอากาศที่อาจส่งผลกระทบต่อเครื่องชั่ง ดังนั้น แผนกประกันคุณภาพต้องติดตั้งแผ่นกันลมจากเครื่องปรับอากาศ และแรงสั่นสะเทือนจากเครื่องบรรจุ เนื่องจากเครื่องชั่งถูกติดตั้งให้อยู่ติดกับเครื่องบรรจุ ภายหลังจากตรวจสอบและปรับปรุงอุปกรณ์เสริมให้กับเครื่องชั่งน้ำหนัก พบว่า ค่าเฉลี่ยของครีมอบน้ำจาก 517.806 กรัม ลดลงเป็น 517.626 กรัม และค่าพิสัยจาก 0.653 กรัม ลดลงเป็น 0.580 กรัม สาเหตุที่ 2) การควบคุมความแตกต่างของเนื้อครีมอบน้ำ โดยการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองแบบบล็อก ซึ่งต้องควบคุมพิสัยอุณหภูมิที่ 27-31 องศาเซลเซียส เนื่องจากอุณหภูมิห้องบรรจุไม่ต่ำกว่า 27 องศา และอุณหภูมิที่สูงกว่า 31 องศา เนื้อครีมอบน้ำจะมีคุณสมบัติทางเคมีเปลี่ยนไป ดังตารางที่ 1



รูปที่ 3 แผนผังความสัมพันธ์ของปัญหาการเกิดความผันแปรของน้ำหนักครีมน้ำหนักในกระบวนการบรรจุครีมอาบน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าน้ำหนักของครีมอาบน้ำพฤษา นกแก้ว ตามลำดับการทดลองและระดับปัจจัย (กรัม)

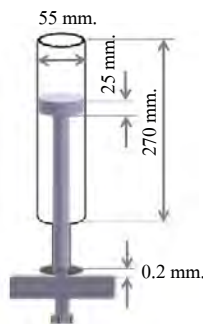
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	น้ำหนักครีมน้ำหนักของหัวบรรจุที่						\bar{y}_i
	1	2	3	4	5	6	
27	517.88	518.21	518.25	517.93	518.21	518.21	518.12
28	517.67	518.05	518.09	517.79	518.07	518.05	517.95
29	517.42	517.81	517.74	517.47	517.73	517.81	517.66
30	517.31	517.73	517.53	517.29	517.54	517.62	517.50
31	516.79	517.61	517.13	517.19	517.17	517.24	517.19

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าน้ำหนักครีมน้ำหนัก

แหล่งความผันแปร	SS	df	MS	F ₀
ระดับอุณหภูมิ	3.2223	4	0.8056	93.71
หัวบรรจุ	0.7635	5	0.1527	
ความผิดพลาด	0.1719	20	0.0086	
ทั้งหมด	4.1577	29		

$R^2 = 95.86\%, R^2_{adj} = 94.00\%$

จากตารางที่ 2 เนื่องจากค่า $F_{0.05,4,20} = 2.87$ ดังนั้น อุณหภูมิที่ไม่เท่ากันจะส่งผลต่อน้ำหนักการบรรจุครีมอาบน้ำลงขวด โดยที่น้ำหนัก ณ อุณหภูมิ 27 เท่ากับ 28°C และน้ำหนัก ณ อุณหภูมิ 29 เท่ากับ 30°C อีกทั้งหีบบรรจุที่ตำแหน่งแตกต่างกันทั้ง 6 หีบก็ส่งผลให้ค่าน้ำหนักการบรรจุครีมอาบน้ำแตกต่างกัน (พิจารณาจาก Mean Square ของหีบบรรจุมีค่าเท่ากับ 0.1527) กล่าวได้ว่า ถ้าอุณหภูมิภายหลังการผสมครีมอาบน้ำสูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักบรรจุลดลง อาจมีผลจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าความหนาแน่นเปลี่ยน ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนาแน่นที่ส่งผลต่อน้ำหนักการบรรจุ โดยการทดลองพบว่าเมื่อปริมาตรคงที่ขณะที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นลดลง ส่งผลให้ค่าน้ำหนักลดลง รวมถึงส่งผลต่อการปรับปริมาตรภายในของกระบอกตวงให้มากขึ้น ดังนั้น ผู้ผลิตต้องปรับตั้งปริมาตรของเครื่องบรรจุครีมอาบน้ำให้แตกต่างกัน ณ อุณหภูมิภายหลังการผสมหรืออุณหภูมิก่อนการบรรจุครีมอาบน้ำที่แตกต่างกัน เพื่อลดความผันแปรจากหีบบรรจุทั้ง 6 สาเหตุที่ 3) ซึ่งเป็นสาเหตุหลัก (พิจารณาแผนผังความสัมพันธ์) เครื่องบรรจุชนิด 6 หีบบรรจุให้ค่าน้ำหนักไม่ไปตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 517 ± 1 กรัม ผู้วิจัยได้ออกแบบสกรูที่ใช้ควบคุมชุดปรับปริมาตรละเอียดให้กับแต่ละหีบบรรจุของครีมอาบน้ำ เพื่อให้เครื่องสามารถควบคุมค่าน้ำหนักที่แต่ละหีบบรรจุได้ละเอียดขึ้น การหมุนสกรูปรับปริมาตรละเอียดจะส่งผลต่อปริมาตรภายในกระบอกตวงครีมอาบน้ำ ดังรูปที่ 4 จากเดิมสกรูปรับปริมาตรแบบละเอียดเป็นสกรูหกเหลี่ยมมาตรฐานเกลียวเต็มขนาด M16 ระยะพิทซ์ 2 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5 เมื่อหมุนสกรู 1 รอบ ระยะสกรูจะสูงขึ้น 2 มิลลิเมตร สามารถปรับปริมาตรในการบรรจุครีมอาบน้ำของน้ำหนักได้ 5 กรัม ใช้ระยะเวลาในการปรับตั้งเครื่องบรรจุประมาณ 20 นาที ส่งผลให้ปริมาณครีมอาบน้ำที่บรรจุไม่สามารถควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนด



รูปที่ 4 กระบอกตวงครีมอาบน้ำของเครื่องบรรจุ



รูปที่ 5 สกรูปรับปริมาตรแบบละเอียดแบบเก่า

ผู้วิจัยออกแบบสกรูและน็อตปรับปริมาตรละเอียดของกระบอกตวงแบบใหม่ ดังรูปที่ 6 เมื่อหมุนสกรู 1 รอบ (36 องศา) ระยะสกรูสูงขึ้นหรือ (ความสูง (l) ภายในกระบอกตวงลดลง) 0.2 มิลลิเมตร (พิจารณารูปที่ 4) สามารถปรับปริมาตรในการบรรจุได้ละเอียดที่ 0.5 กรัม ใช้ระยะเวลาในการปรับตั้งประมาณ 5 นาที ในการคำนวณความสูงของสกรูที่ดันก้านควบคุมปริมาตรของกระบอกตวงปริมาตรให้สามารถควบคุมน้ำหนักให้ได้ 0.5 กรัม ต้องคำนวณจากปริมาตรของกระบอกตวง ดังสมการที่ (1)

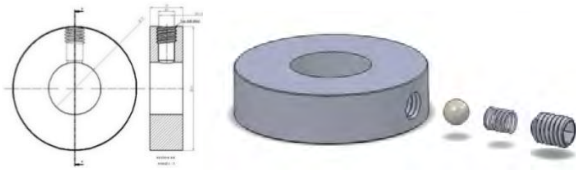
$$V = \frac{\pi d^2 l}{4} \quad (1)$$

สำหรับการออกแบบน็อตคือสกรูให้กับ 6 หีบบรรจุ โดยการเชื่อมน็อตได้แผ่นเหล็ก (พิจารณารูปที่ 4) เพื่อควบคุมระยะการหมุนและสามารถล็อกสกรูให้อยู่กับที่ได้ โดยการกลึงสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร เจาะรูตรงกลางขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร เจาะรูทางด้านข้างให้ทะลุ และใส่ลูกบอลสแตนเลส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.8 มิลลิเมตร ตามด้วยสปริงขนาด M6 ยาว 5 มิลลิเมตร ที่มีค่า k เท่ากับ 0.95 นิวตันต่อมิลลิเมตร ใส่สลักเกลียวสำหรับขันเพื่อป้องกันการเลื่อนเข้า-ออกขนาด M6 และสามารถลดการคลายตัวของสกรูทั้งหมดโดยไม่ต้องใช้สปริงคั้นได้แผ่นเหล็กเพื่อยึดตัวปรับปริมาตรแบบละเอียดดังรูปที่ 7

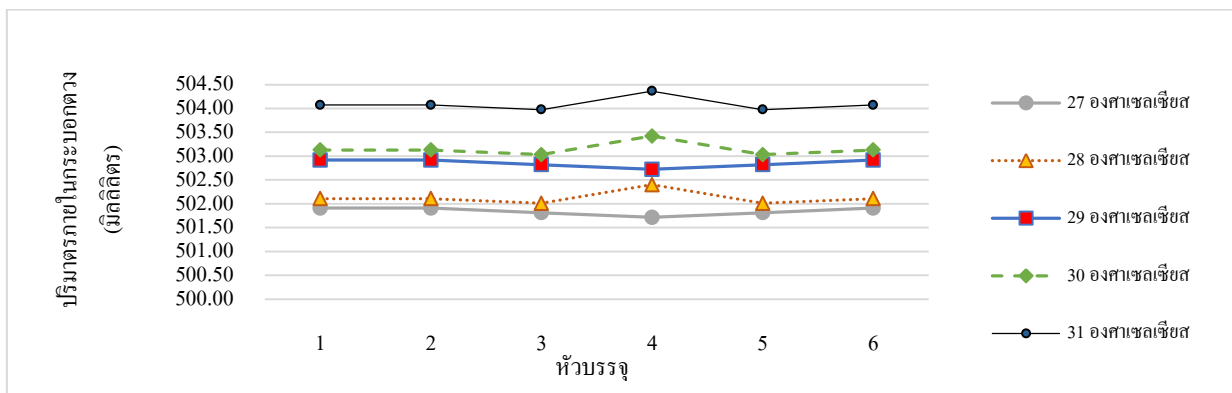


รูปที่ 6 สกรูปรับปริมาตรแบบละเอียดแบบเก่า

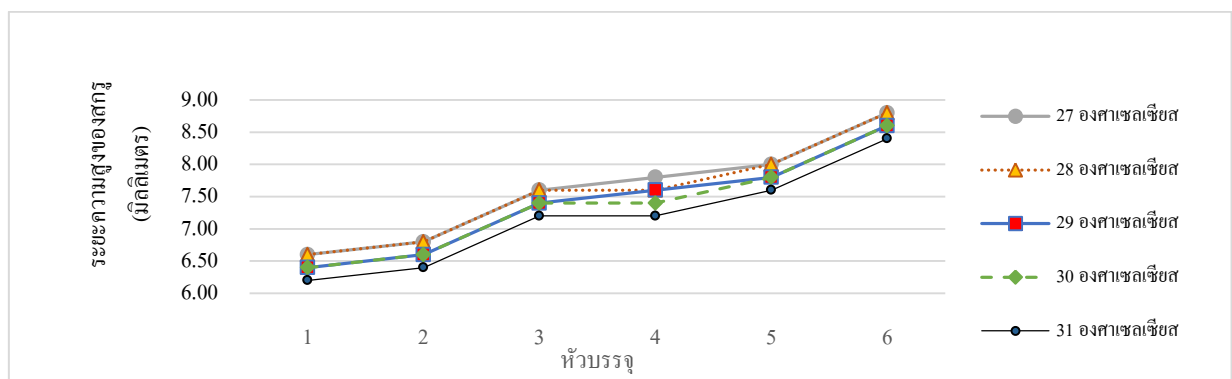


รูปที่ 7 น็อตล็อคสกรู

การปรับตั้งชุดควบคุมปริมาตรทั้ง 6 หัวบรรจุ ตามรูปที่ 8 และรูปที่ 9 เพื่อให้ได้น้ำหนัก 517 ± 1 กรัม พนักงานต้องปรับตั้งชุดควบคุมปริมาตรตามอุณหภูมิภายหลังการผสมเนื้อครีมอบน้ำที่ 27–31 องศาเซลเซียส สำหรับการปรับปริมาตรในกระบอกตวงเนื้อครีมอบน้ำให้มากขึ้น พนักงานต้องปรับหัวสกรูทั้ง 6 ตัวผ่านน็อตล็อคสกรูที่เชื่อมกับแผ่นเหล็กให้โผล่พ้นแผ่นเหล็กควบคุมน้อยลง จึงจะควบคุมให้ก้านควบคุมเข้ากระบอกตวงครีมอบน้ำน้อยลงพร้อมกัน (ก่อนส่งผ่านครีมอบน้ำไปยังหัวบรรจุ)



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรภายในกระบอกตวงกับหัวบรรจุที่อุณหภูมิ 27–31 องศาเซลเซียส

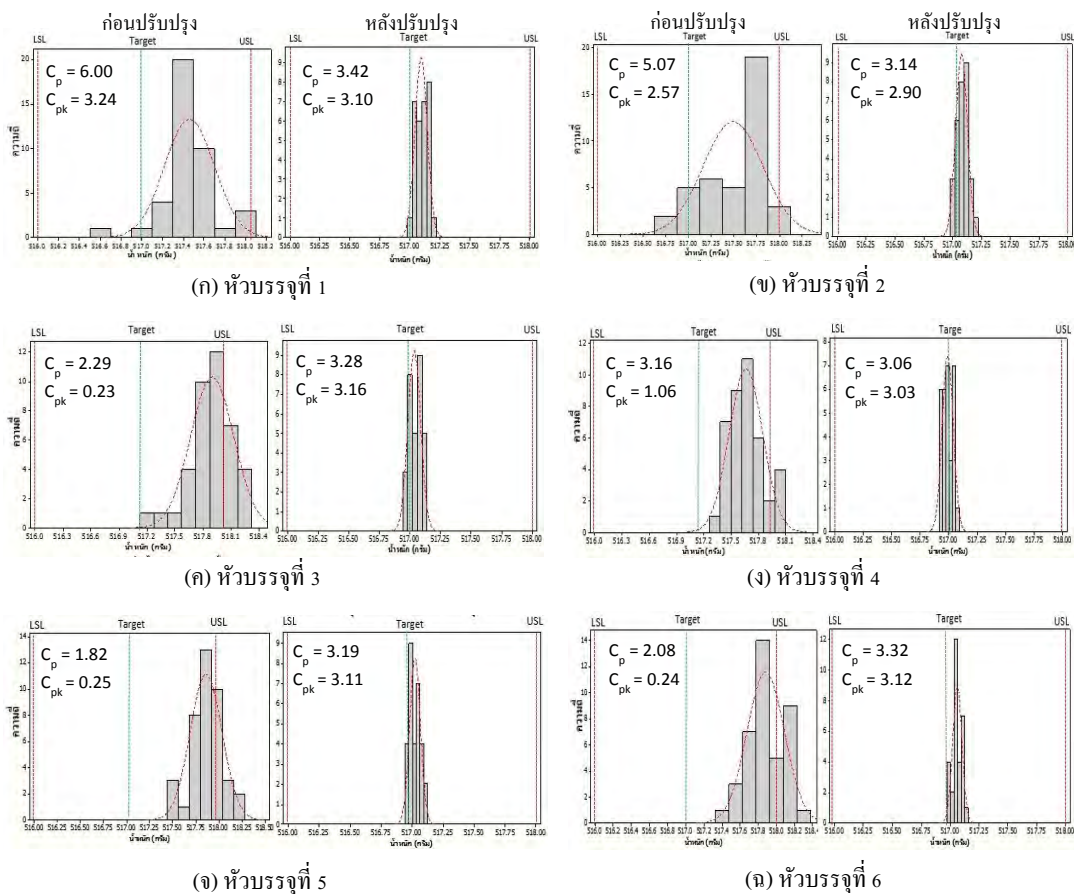


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความสูงของสกรูกับหัวบรรจุที่อุณหภูมิ 27–31 องศาเซลเซียส (ลมเข้าถังของเครื่องบรรจุผ่านจากหัวบรรจุที่ 6 ไปหัวบรรจุที่ 1)

สาเหตุที่ 4) พนักงานปรับตั้งค่าน้ำหนักที่เครื่องบรรจุไม่เท่ากัน ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการปฏิบัติงานสำหรับการทดสอบสมรรถภาพเครื่องซึ่งให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา และการตรวจสอบอุณหภูมิก่อนการบรรจุเพื่อปรับตั้งปริมาตรภายในกระบอกวงให้มีค่าน้ำหนักอยู่ที่ 517 กรัม (ไม่ใช่ 516-518 กรัม) ด้วยหลักการจัดทำวิธีปฏิบัติงานที่สมบูรณ์ ชัดเจน จำเป็น ถูกต้อง และการทำซ้ำอย่างเพียงพอ [15] ให้แก่พนักงานประจำเครื่องบรรจุเพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานและปรับตั้งเครื่องบรรจุครีมนาน้ำได้อย่างถูกต้อง

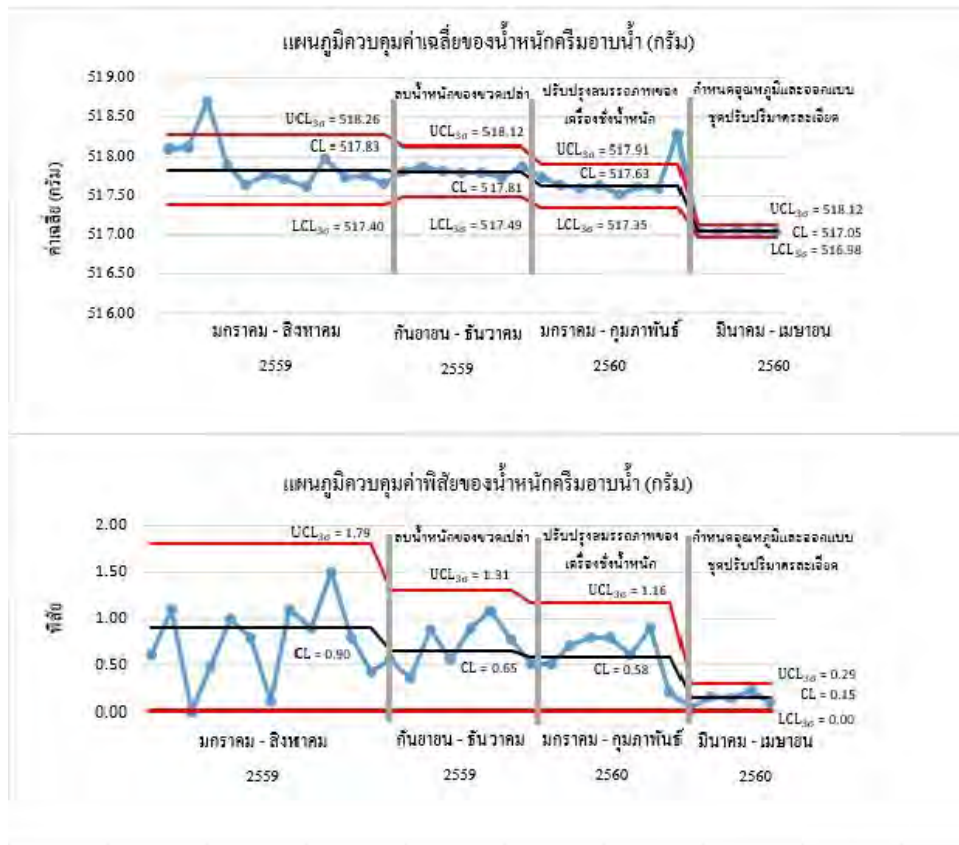
4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ภายหลังการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน โดยการปรับปริมาตรอย่างละเอียดให้กับเครื่องบรรจุชนิด 6 หัวบรรจุ สามารถวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุของค่าเฉลี่ยน้ำหนักครีมนาน้ำในแต่ละหัวบรรจุกับขีดจำกัดควบคุมบนและล่างได้ว่า ผลภายหลังการปรับปรุงจะทำให้ค่า C_p และ C_{pk} มีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ ค่าความผันแปรลดลงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตครีมนาน้ำพุดกานากแก้วจากหัวบรรจุ 6 หัว ก่อนและหลังปรับปรุง

เมื่อนำค่าน้ำหนักครีมอาบน้ำมาแสดงผลโดยใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิควบคุมพิสัย เพื่อแสดงความแตกต่างของกระบวนการบรรจุครีมอาบน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่า ภายหลังจากปรับปรุงโดยการควบคุมกระบวนการให้อยู่ในการควบคุม ค่าน้ำหนักมีค่าเข้าใกล้กับค่าเป้าหมายที่จุดกึ่งกลางระหว่างข้อกำหนดก่อนการปรับปรุง ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยและพิสัยในกระบวนการบรรจุครีมอาบน้ำก่อนและหลังการปรับปรุง

ภายหลังจากควบคุมอุณหภูมิก่อนการบรรจุและการประยุกต์ชุดปรับปริมาตรในการบรรจุของเครื่องบรรจุ พบว่า ค่าน้ำหนักเฉลี่ยภายหลังจากปรับปรุงมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 517.053 กรัม (ก่อนการปรับปรุง 517.626 กรัม) ซึ่งมีค่าเข้าใกล้จุดกึ่งกลางระหว่างข้อกำหนด และค่าพิสัยหลังการปรับปรุงมีค่าลดลงเป็น 0.145 (ก่อนการปรับปรุงมีค่า 0.580)

5. สรุป

การบรรจุครีมอาบน้ำที่มีความหนืดลงบรรจุภัณฑ์แบบขวดขนาด 500 มิลลิลิตร สำหรับการพิจารณาถึงปัจจัยในเรื่องของอุณหภูมิก่อนการบรรจุ และการปรับปริมาตรของกระบอกตวงจะส่งผลต่อความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ เนื่องจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ปริมาตรคงที่) จะส่งผลให้น้ำหนักของครีมอาบน้ำมีค่าลดลง กล่าวได้ว่า อุณหภูมิสูงขึ้น (ณ 27, 29 และ 31 องศาเซลเซียส) ผู้ผลิตต้องควบคุมการปรับตั้งปริมาตรของเครื่องบรรจุครีมอาบน้ำให้เพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยในการปรับปริมาตรครีมอาบน้ำภายในกระบอกตวงก่อนการส่งครีมอาบน้ำไปที่แต่ละหัวบรรจุ ผู้ผลิตต้องควบคุมปริมาตรภายในกระบอกตวงให้แปรผันตรงตามอุณหภูมิ โดยการประยุกต์ชุดควบคุมปริมาตรที่ได้พัฒนาความละเอียดของการปรับระยะสกรูและน็อตล็อกสกรูให้สามารถควบคุมระยะชักของก้าน

ควบคุมให้ละเอียดขึ้น อีกทั้งผู้ผลิตต้องควบคุมปริมาณของทั้ง 6 หัวบรรจุให้เหมาะสม กล่าวคือ การจะลดความผันแปรของน้ำหนักบรรจุ ผู้ผลิตไม่จำเป็นต้องปรับระยะชักของก้านควบคุมให้เท่ากัน เพราะครีมน้ำยาหลังการผสมจะถูกถ่ายเทลงถึงตรงกับตำแหน่งของหัวบรรจุที่ 6 ของเครื่องบรรจุ อีกทั้งในการกำหนดขีดจำกัดควบคุมของผู้ผลิตไม่ควรกำหนดในลักษณะของขีดจำกัดควบคุมบนและขีดจำกัดควบคุมล่าง (516-518 กรัม) แต่ผู้ผลิตควรกำหนดในลักษณะค่าเผื่อของน้ำหนักในรูป 517 ± 1 กรัม เพื่อให้พนักงานสามารถปรับค่าน้ำหนักเข้าค่าเป้าหมาย ซึ่งเป็นการลดความผันแปรของน้ำหนักเฉลี่ย เนื่องจากพนักงานกังวลถึงค่าน้ำหนักที่บรรจุอาจมีค่าน้ำหนักต่ำกว่าขีดจำกัดควบคุมล่างมากเกินไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ฐเอเชียอุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้ทำการศึกษาวิจัย และให้ทุนสนับสนุนเพื่อพัฒนาชุดปรับปริมาตร รวมถึงขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนเครื่องมือทดสอบ และห้องปฏิบัติการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Junyaprosert, V. et al. *Basic guide to cosmetic manufacturing processes*. Nonthaburi: Food and Drug Administration, 2015.
- [2] Thansettakij. 'Dokbuaku' add line punching teenager focus 3-5 years sold across ASEAN. 11-14 September 2016. Available from: <http://www.thansettakij.com/content/95858> [Accessed 1 May 2017]
- [3] Thai Industrial Standards Institute. TIS.1403: 2551. *Liquid Soap*. Bangkok: TISI, 2008.
- [4] Nathaphan, S. *Quality control*. Bangkok: Se-Education, 2008.
- [5] Desai, D.A. et al. Curbing variations in packaging process through Six Sigma way in a large-scale food-processing industry. *J Ind Eng Int*, 2015, 11, pp. 119-129.
- [6] Nayatani, Y. et al. *Seven New QC Tools*. 1st ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2004.
- [7] Dhinakaran, I.J. et al. Quality improvement of lubricating oil pump shaft through Statistical Process Control used in Automobile Industry. *Procedia Engineering*, 2012, 38, pp. 2053-2062.
- [8] Ploypanichcharoen, K. *Measurement system analysis (Processed with Minitab 15)*. 2nd ed. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan), 2003.
- [9] Al-Refaie, A. and Bata, N. Evaluating measurement and process capabilities by GR&R with four quality measures. *Measurement*, 2010, 43 (6), pp. 842-851.
- [10] Peruchi, R.S. et al. Weighted approach for multivariate analysis of variance in measurement system analysis. *Precision Engineering*, 2014, 38 (3), pp.651-658.
- [11] Dalalah, D. and Hani, D.B. A precision-to-tolerance ratio model for the assessment of measurements uncertainty. *Precision Engineering*, 2016, 44, pp. 143-151.
- [12] Nathaphan, S. *Basic design and analysis of experiments*. 1st ed. Bangkok: Se-Education, 2016.
- [13] Faulhammer, E. et al. The effects of material attributes on capsule fill weight and weight variability in dosator nozzle machines. *International Journal of Pharmaceutics*, 2014, 471 (1-2), pp. 332-338.
- [14] Yam, K. L. *The Wiley encyclopedia of packaging technology*. 3rd ed. USA: John Wiley & Sons, 2010.
- [15] Haug, A. Work instruction quality in industrial management. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2015, 50, pp. 170-177.