

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การพัฒนาตัวแบบต้นทุนของแผนการสูมตัวอย่างแบบ ผันแปร สำหรับการเปรียบเทียบความสามารถของ กระบวนการที่มีหลายพารามิเตอร์

อิสระ รักพวก^{a,*} และ นภัสสงส์ โรจนโรวรรณ^b

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: gong_zax@hotmail.com^{a,*}, napassavong.o@chula.ac.th^b

บทคัดย่อ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวแบบต้นทุนของแผนการสูมตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 สำหรับการใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการที่มีผลมาจากหลายพารามิเตอร์ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกปรับปรุงพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียในการผลิตมากที่สุด เนื่องจากผู้ผลิตโดยส่วนใหญ่่มุ่งที่จะลดต้นทุนในการผลิตในการเลือกพารามิเตอร์จะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนคุณภาพ ซึ่งประกอบไปด้วย ต้นทุนความล้มเหลวภายใน และต้นทุนความล้มเหลวภายนอก นอกจากนั้นยังได้พิจารณาถึงมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย โดยตัวแบบต้นทุนที่ได้พัฒนาขึ้นจะนำไปใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตสบู่มาก่อน ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่ควบคุมคุณภาพของสบู่มาก่อน คือ น้ำหนัก ความชื้น และกรดไขมันอิสระ ผลจากการเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียพบว่า น้ำหนักของสบู่มาก่อนเป็นพารามิเตอร์ที่ควรได้รับการปรับปรุงเป็นลำดับแรก รองลงมาคือ กรดไขมันอิสระ และความชื้น โดยก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสีย ร้อยละ 98.24 ร้อยละ 1.03 และร้อยละ 0.73 ตามลำดับ

คำสืบค้น: การเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการ, ตัวแบบต้นทุน, แผนการสูมตัวอย่างแบบผันแปร, ต้นทุนคุณภาพ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 4 ฉบับที่ 1

วันที่ส่ง 13 กรกฎาคม 2555

วันที่ตอบรับ 3 กันยายน 2555

วันที่ตีพิมพ์ 20 พฤศจิกายน 2555

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2012.4.1.17



Development of Cost Model of Variables Sampling Plans for Comparing Capability of Process with Multiple Parameters

Itsara Rukpuak^{a,*} and Napassavong Rojanarowan^b

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

E-mail: gong_zax@hotmail.com^{a,*}, napassavong.o@chula.ac.th^b

Abstract. The objective of this research is to develop a cost model of ANSI/ASQ Z1.9 variable sampling plan to compare the capability of the process that is caused by multiple parameters and to guide the selection of parameters that cause the greatest losses in manufacturing. Since most manufacturers focus on reducing production costs, the parameter selection is determined by the value of the loss of the capability of the processes that affect the cost of quality. The cost model composes of internal failure cost and external failure cost. Moreover, the out of target cost was also considered. The cost model has been developed to be used in valuation of losses of bar soap manufacturing. The parameters that control the quality of the soap are weight, moisture and free fatty acid content. The results of the comparison of the loss value showed that the soap weight is a parameter that should be improved first, followed by free fatty acid and moisture, causing loss of 98.24 percent, 1.03 percent and 0.73 percent respectively.

Keywords: Comparing capability of process, cost model, variables sampling plans, cost of quality.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 4 Issue 1

Received 13 July 2012

Accepted 3 September 2012

Published 20 November 2012

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2012.4.1.17

1. บทนำ

ในการผลิตโดยทั่วไป ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการผลิตจากกระบวนการใด ๆ นั้น ย่อมมีพารามิเตอร์ที่เป็นปัจจัยควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วยกันหลายพารามิเตอร์ ซึ่งการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากทุกพารามิเตอร์ที่ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องนั้นอาจทำได้ยาก เนื่องด้วยข้อจำกัดด้านทรัพยากรต่างๆในการผลิต ดังนั้นจึงต้องมีการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายพารามิเตอร์ เพื่อเลือกปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียสูงที่สุดก่อน โดยปกติแล้วในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control, SPC) จะใช้ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปคือ C_p หรือ C_{pk} [1, 2] มาพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ ซึ่งก็จะเลือกปรับปรุงจากพารามิเตอร์ในกระบวนการที่มีค่า C_{pk} ต่ำที่สุดก่อน อย่างไรก็ตามการพิจารณาเพียงค่า C_{pk} อาจจะไม่ทำให้เกิดการปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียสูงที่สุด ถ้าพารามิเตอร์ที่มีค่า C_{pk} ต่ำที่สุดนั้นไม่ใช่สาเหตุหลักที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิต เช่น เป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดทั้งหมด แต่ผู้บริโภคยังให้การยอมรับ หรือเป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขต่ำกว่าพารามิเตอร์อื่น

มูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตถือเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ ดังเช่น Taguchi [3] ได้นำเสนอฟังก์ชันความสูญเสียทางตัวเงิน (Taguchi's loss function) มาใช้ในการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการอันเป็นผลมาจากความผันแปรและค่าเฉลี่ยของกระบวนการเบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย นอกจากนั้น ศิรินทรา และ นภัสวงศ์ [4] ได้นำมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต และพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มาประยุกต์ใช้กับแผนภูมิควบคุม เพื่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และต้นทุนการผลิต ซึ่งจะเห็นว่ามูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตมีประโยชน์ในการนำมาพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการ เนื่องจากผู้ผลิตโดยส่วนใหญ่มุ่งที่จะลดมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

ในการควบคุมคุณภาพของกระบวนการเชิงสถิติ แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plans) เป็นเครื่องมือสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อการตัดสินใจในการยอมรับรุ่น (Lot) ของผลิตภัณฑ์ และสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการ [5] การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับจะขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลที่ทำกรตรวจสอบ ซึ่งจำแนกได้เป็นข้อมูลเชิงนับ (Attribute data) และข้อมูลเชิงผันแปร (Variable data) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด เช่น ความหนา น้ำหนัก และความเข้มข้น เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้มุ่งพิจารณาในกระบวนการที่เป็นข้อมูลผันแปร ซึ่งแผนการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการใช้ตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร (Variables Sampling Plans) โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปรจะใช้ขนาดตัวอย่างน้อยกว่าแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงนับภายใต้การตัดสินใจที่ระดับความเสี่ยงเดียวกัน และข้อมูลจากการตรวจสอบสามารถบอกรายละเอียดของรุ่นได้มากกว่า [5-7] แต่ก็ยังมีข้อด้อยในการใช้ตัดสินใจคุณภาพรุ่นคือ ในแต่ละลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างต่างกัน ซึ่งข้อมูลที่ทำกรตรวจสอบต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานของการแจกแจงแบบปกติ [5, 7]

แผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 เป็นแผนการการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบรุ่นต่อรุ่นของข้อมูลเชิงผันแปร ซึ่งมีแนวความคิดที่คล้ายคลึงกับแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.4 ของข้อมูลแบบเชิงนับ เช่น กฎการสับเปลี่ยนระหว่างการตรวจสอบแบบปกติ กับการตรวจสอบแบบเคร่งครัด รวมไปถึงกฎการหยุดตรวจ แต่แผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQ Z1.9 จะใช้เฉพาะการตรวจสอบเชิงเดียวเท่านั้น [5] โดยสามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียวและกระบวนการที่มีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน ซึ่งการนำแผนการ

สมมติอย่างมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะทำให้ทราบถึงมูลค่าความสูญเสียในส่วนของต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality) ซึ่งเป็นต้นทุนที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นเนื่องจากคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นต่ำกว่าข้อกำหนดที่ควรจะเป็น [8] ซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากพารามิเตอร์ที่ควบคุมลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และจะช่วยให้เกิดแรงจูงใจในการเร่งดำเนินการปรับปรุงจากพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลัก ซึ่งนำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวทางในการเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการที่มีผลมาจากหลายพารามิเตอร์ โดยการพัฒนาตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 สำหรับใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการจากพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลักที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิต ซึ่งจะนำไปประยุกต์ใช้กับการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากกระบวนการผลิตสุ่มก่อน ที่ถูกควบคุมด้วยพารามิเตอร์เชิงผันแปร คือ น้ำหนัก ความชื้น และกรดไขมันอิสระ โดยจะมุ่งพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามข้อกำหนด (Out of Specifications Costs) ในส่วนของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Costs) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of Target Cost) ในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบ

2. ขั้นตอนการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ

การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในงานวิจัยนี้ จะนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสุ่ม ในส่วนของกระบวนการขึ้นรูปสุ่มก่อน โดยการพัฒนาตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 (ดังแสดงในหัวข้อที่ 4) มาใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากพารามิเตอร์ที่ควบคุมคุณภาพของสุ่มก่อน คือ น้ำหนัก (Weight) เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ (%FFA) ซึ่งตัวแบบต้นทุน และวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้กับกรณีอื่นๆ ในการพิจารณาปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่มีลักษณะข้อมูลเชิงผันแปร โดยขั้นตอนในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ มีดังนี้

1. ตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9
2. นำข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างคือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ไปประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่น (p)
3. คำนวณมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการซึ่งเป็นผลมาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องของรุ่น (p) โดยตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9
4. เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการในแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อดำเนินการปรับปรุงในพารามิเตอร์ที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียในการผลิตมากที่สุดก่อน

เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในการประเมินความสามารถของกระบวนการ ข้อมูลที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจะต้องอยู่ภายใต้สภาวะควบคุม (In-Control Condition) ซึ่งมีความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ และข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) [2] ซึ่งจะถือว่าข้อมูลเหล่านั้นมีความน่าเชื่อถือในการใช้ประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ

3. การตรวจสอบคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9

การตรวจสอบคุณภาพเพื่อการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ ฟอรัม I (วิธีการ k) ซึ่งจะใช้ในการตัดสินใจยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์เฉพาะการควบคุมด้วยขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว และฟอรัม II (วิธีการ M) สามารถใช้ตัดสินใจยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้ทั้งการควบคุมจากขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียวและแบบสองด้าน [5, 7] โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งพิจารณาที่วิธีการ M

3.1. การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 จะต้องหาขนาดตัวอย่าง (n) และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด (Maximum Percent Defective: M) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ โดยการหาขนาดตัวอย่าง (n) จะพิจารณาจากอักษรรหัส (Code Letter) ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดรุ่น (N) และระดับการตรวจสอบ (โดยปกติแล้วจะเป็นการตรวจสอบแบบทั่วไประดับ II) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ 15.4 [5] และการหาค่า M จะพิจารณาจากขนาดตัวอย่างตามอักษรรหัส ร่วมกับพิสัยของคุณภาพที่ให้การยอมรับ (Acceptance Quality Limit: AQL) ซึ่งอ้างอิงได้จากตารางที่ 15.10 และ 15.11 [5]

3.2. การพิจารณาคุณภาพรุ่นของผลิตภัณฑ์

สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) ซึ่งถือเป็นคุณภาพของรุ่น จะพิจารณาได้จากดัชนีคุณภาพ (Q_L , Q_U) ซึ่งเมื่อทราบ Q_L และ Q_U แล้วสามารถประมาณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ โดยอ้างอิงจากตารางที่ 15.12 [5] การคำนวณดัชนีคุณภาพสามารถพิจารณาได้ดังนี้ [5]

(กรณีใช้ SD ประมาณความผันแปรของกระบวนการ)

$$Q_L = \frac{\bar{x} - LSL}{SD} \quad (1)$$

และ

$$Q_U = \frac{USL - \bar{x}}{SD} \quad (2)$$

โดยที่ LSL = ขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง; USL = ขีดจำกัดกำหนดด้านบน; $\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ; SD = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการ M จะพิจารณาจากสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (p) เทียบกับสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องสูงสุด (M) ที่ยอมให้เกิดในการสุ่มตัวอย่าง โดยมีเกณฑ์ในการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ดังนี้ [5, 7]

- กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบด้านเดียว: $\hat{p}_{LSL}$ หรือ $\hat{p}_{USL} > M$
- กรณีขีดจำกัดกำหนดแบบสองด้าน $\hat{p}_{LSL} + \hat{p}_{USL} > M$

4. ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร

ANSI/ASQ Z1.9

ตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการ โดยมุ่งพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพดังต่อไปนี้

1. มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพ (Failure Cost) ซึ่งจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมที่นำมาซึ่งต้นทุนที่เสียไปกับผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดขึ้น [9] โดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท [8] คือ
 - 1.1 มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายใน (Internal Failure Cost) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (1-Pa) นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่น (Cost of Lot Rejection: Cr) ซึ่งจะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียในการทิ้งผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Scrap Cost) มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework Cost) และมูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Cost of Scrap Destruction)
 - 1.2 มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก (External Failure Cost) จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส (Pa) ซึ่งอาจจะมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่น (Cost of Lot Acceptance: Ca) ที่เป็นผลมาจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค โดยจะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ (Rescreen Cost) มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ (Penalty Cost) และมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ (Cost of Product Replacement)
2. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (Out of Target Cost: COT) ในส่วนนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาเพิ่มเติมจากต้นทุนคุณภาพ เพื่อให้เห็นความสูญเสียจากการผลิตที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมาย โดยมุ่งพิจารณาที่มูลค่าความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบเกินค่าเป้าหมาย

4.1. สัญลักษณ์ในการคำนวณ

TC_i = มูลค่าความสูญเสียรวมที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

Ca_i = มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

Cr_i = มูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{OTi} = มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{Si} = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{RWi} = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{SDi} = มูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{RSi} = มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{PCi} = มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{PRi} = มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{SCi} = มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคซึ่งเป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{RWCi} = มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคซึ่งเป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{SDCi} = มูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคซึ่งเป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/รุ่น)

C_{pi} = ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

C_{TP} = ต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์ (บาท/หน่วย)

c_{RWi} = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

c_{SDi} = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

c_{RSi} = ค่าตรวจสอบซ้ำที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

c_{PCi} = ค่าปรับจากผู้บริโภคที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

c_{PRi} = ค่าเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

C_{RWCi} = ค่าแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

C_{SDCi} = ค่าทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

M_i = ค่าวัตถุดิบในการผลิตของพารามิเตอร์ i (บาท/หน่วย)

N = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการ (หน่วย/รุ่น)

N_C = ขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่ส่งไปยังผู้บริโภค (หน่วย/รุ่น)

Pa_i = โอกาสในการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i

P_i = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i

P_{Si} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i

P_{RWi} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i

P_{PCi} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i

P_{Sni} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i ของกระบวนการสุดท้าย

P_{RWni} = สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ที่เป็นผลจากพารามิเตอร์ i ของกระบวนการสุดท้าย

μ_i = ค่าเฉลี่ยการผลิตของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ i

T_i = ค่าเป้าหมายการผลิตของกระบวนการที่ควบคุมด้วยพารามิเตอร์ i

4.2. มูลค่าความสูญเสียรวม

การประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมจากระดับความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในแต่ละกระบวนการ สามารถพิจารณาหลักการคำนวณได้ดังรูปที่ 1

จากรูปที่ 1 พิจารณาการคำนวณมูลค่าความสูญเสียรวมได้ดังนี้

$$TC_i = Cr_i + C_{OTI} \quad (3)$$
$$TC_i = Cr_i + Ca_i + C_{OI_i} \quad (4)$$

ข้อสังเกตในการประเมินมูลค่าความสูญเสียรวมจากระดับความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากพารามิเตอร์ในกระบวนการใดๆ (ก่อนถึงกระบวนการสุดท้าย) จะพิจารณาจากมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (C_r) และมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย (C_{OT}) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ (Output) ของกระบวนการใด ๆ นั้น ยังไม่ถือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ส่งไปยังผู้บริโภค จึงไม่ก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (C_a) ซึ่งเป็นความสูญเสียจากข้อร้องเรียนเมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

เมื่อผู้ผลิตปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ ด้วยโอกาสในการปฏิเสธ (1- Pa) สามารถคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Cr) ได้ดังนี้

$$C_{r_i} = C_{S_i} + C_{RW_i} + C_{SD_i} \quad (5)$$

1. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้:

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, ISSN 1906-3636 (<http://www.ei.eng.chula.ac.th/>)

$$C_{Si} = (1-Pa_i)(N \times P_i \times P_{Si})(C_{Pi}) \quad (6)$$

2. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง:

เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการที่นำผลิตภัณฑ์บกพร่องมาทำการซ่อมแซมแก้ไข ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$C_{RWi} = (1-Pa_i)(N \times P_i \times P_{RWi})(C_{RWi}) \quad (7)$$

3. มูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่อง:

ผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ โดยต้องทำการทำลายทิ้ง ซึ่งคำนวณมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$C_{SDi} = (1-Pa_i)(N \times P_i \times P_{Si})(C_{SDi}) \quad (8)$$

4.4. มูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนความล้มเหลวภายนอก

เป็นความสูญเสียจากการที่ผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะทำให้มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภคด้วยสัดส่วน (P_{PC}) และเมื่อผู้บริโภคตรวจรับผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้มีสมมติฐานว่าเป็นการตรวจรับผลิตภัณฑ์ด้วยการตรวจสอบ 100% โดยแนวคิดนี้จะทำให้เห็นมูลค่าความสูญเสียที่เป็นไปได้มากที่สุด จากการที่มีผลิตภัณฑ์บกพร่องหลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจให้ผู้ผลิตตระหนักว่าควรจะทำกรผลิตให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้บริโภคมากที่สุด เพื่อเป็นการลดมูลค่าความสูญเสียที่จะตามมา

4.4.1. สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

จากการที่ผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ด้วยโอกาส Pa สามารถคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภคตามหลักการของคุณภาพรุ่นหลังการตรวจสอบ (Outgoing Quality) [7] ดังนี้:

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างน้อยกว่าขนาดรุ่นของผลิตภัณฑ์มาก $n < N$

$$P_{PCi} = Pa_i(P_i) \quad (9)$$

โดย i = พารามิเตอร์ของกระบวนการสุดท้าย

4.4.2. มูลค่าความสูญเสียจากการยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์

มูลค่าความสูญเสียจากการที่ผู้ผลิตยอมรับรุ่นของผลิตภัณฑ์ (Ca) สามารถคำนวณได้ดังนี้

สำหรับพารามิเตอร์ i ของกระบวนการสุดท้าย:

$$Ca_i = C_{RSi} + C_{PCi} + C_{PRi} + C_{SCi} + C_{RWi} + C_{SDi} \quad (10)$$

Ca จะเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียจากข้อร้องเรียนของผู้บริโภค (Customer Complaints) ดังนี้

1. มูลค่าความสูญเสียในการตรวจสอบซ้ำ:

เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ซ้ำ ตามข้อร้องเรียนของผู้บริโภค เมื่อพบผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบไปแล้วมีคุณภาพไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$C_{RSi} = P_{PCi} \times N_C \times C_{RSi} \quad (11)$$

2. มูลค่าความสูญเสียจากค่าปรับ:

เป็นมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากผู้บริโภคเรียกปรับค่าเสียหาย เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$C_{PCi} = P_{PCi} \times N_C \times C_{PCi} \quad (12)$$

3. มูลค่าความสูญเสียในการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่:

เป็นมูลค่าความสูญเสียจากการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่ให้กับผู้บริโภค เมื่อตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$C_{PRI} = P_{PCi} \times N_C \times C_{PRI} \quad (13)$$

เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องจากรุ่นของผลิตภัณฑ์หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสูญเสียทางตัวเงินให้กับผู้ผลิตในการจัดการกับผลิตภัณฑ์บกพร่องเหล่านั้น พิจารณาได้จาก [9]

4. มูลค่าความสูญเสียจากผลิตภัณฑ์บกพร่องที่ไม่สามารถแก้ไขได้ที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

$$C_{SCI} = P_{PCi} \times N_C \times P_{Sni} \times C_{TP} \quad (14)$$

5. มูลค่าความสูญเสียในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

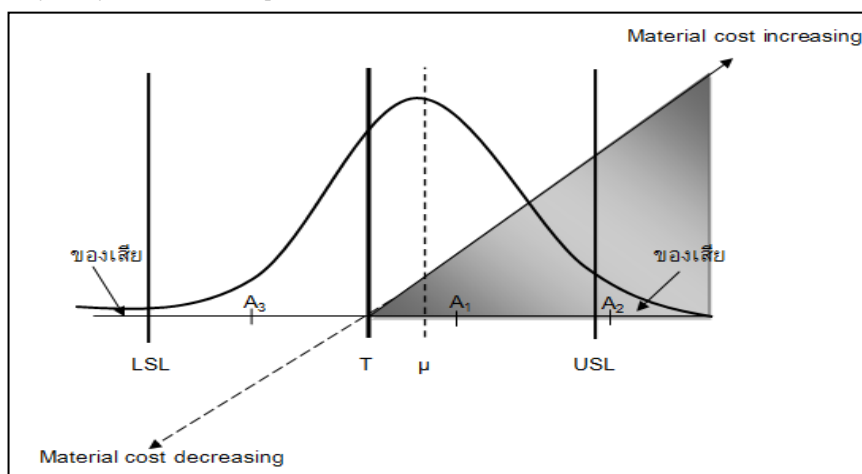
$$C_{RWCi} = P_{PCi} \times N_C \times P_{RWhi} \times C_{RWCi} \quad (15)$$

6. มูลค่าความสูญเสียในการทำลายผลิตภัณฑ์บกพร่องที่หลุดรอดไปถึงผู้บริโภค

$$C_{SDCi} = P_{PCi} \times N_C \times P_{Sni} \times C_{SDCi} \quad (16)$$

4.5. มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย

การประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายของงานวิจัยนี้ได้แนวคิดมาจาก Taguchi's Loss Function [3] คือการที่ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณภาพเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย จะถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีคุณภาพต่ำ นำมาซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากต้นทุนคุณภาพ โดยงานวิจัยนี้จะพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายในส่วนต้นทวนวัตถุดิบ พิจารณาดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมาย

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (μ) ที่เป็นผลมาจากการควบคุมด้วยพารามิเตอร์ใด ๆ นั้น มีค่าสูงกว่าค่าเป้าหมาย (T) และเกิดความผันแปรขึ้นในกระบวนการ จะก่อให้เกิดความสูญเสียที่มากจากการใช้วัตถุดิบในการผลิตเกินค่าเป้าหมาย (พิจารณาในส่วนของพื้นที่แรเงา) โดยแนวคิดนี้จะไม่ได้จำกัดให้ผลิตภัณฑ์ต้องอยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนด (Specifications) กล่าวคือผลิตภัณฑ์ขึ้นใดที่มีลักษณะคุณภาพเกินค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ถึงแม้ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใต้ขีดจำกัดกำหนดซึ่งนับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ดี ก็จะต้องเกิดความสูญเสียจากการใช้วัตถุดิบเกินค่า

เป้าหมาย และถ้าลักษณะคุณภาพของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าค่าเป้าหมายมากขึ้นเท่าใด ก็ยิ่งเสียค่าวัตถุดิบในการผลิตมากขึ้นเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ A ต้องผลิตให้ได้น้ำหนัก 100 ± 10 กรัม ($T = 100$ กรัม) ซึ่งที่น้ำหนัก 100 กรัม ต้องเสียค่าวัตถุดิบในการผลิต 20 บาทต่อชิ้น แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีน้ำหนักอยู่ที่ จุด A_1 (ดังรูปที่ 2) ซึ่งมีน้ำหนักเกินค่าเป้าหมาย และจะเสียค่าวัตถุดิบในการผลิตมากขึ้น ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์ที่จุด A_1 จะเป็นผลิตภัณฑ์ดี ถ้าพิจารณาที่จุด A_2 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักมากกว่าค่าเป้าหมายและมากกว่าขีดจำกัดกำหนด ก็จะทำให้เสียค่าวัตถุดิบในการผลิตมากยิ่งขึ้น ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายนั้น จะพิจารณาในภาพรวมได้จากมูลค่าความสูญเสียจากค่าวัตถุดิบที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายดังนี้

$$C_{OTI} = (\mu_i - T_i) N M_i \quad (17)$$

ข้อสังเกต: เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย จะทำให้มูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายนั้นมีค่าติดลบ แสดงว่ามีการใช้วัตถุดิบในการผลิตต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ซึ่งจะทำให้ต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตนั้นลดลง เช่น ผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำหนักอยู่ที่จุด A_3 ซึ่งต่ำกว่าค่าเป้าหมาย จะทำให้ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้นลดลง และถ้าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพต่ำกว่าค่าเป้าหมายมากขึ้น ต้นทุนวัตถุดิบก็จะยิ่งลดลง แต่นั่นก็ไม่ถือว่าเป็นผลดี เพราะถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการต่ำกว่าค่าเป้าหมาย อาจจะทำให้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำกว่าขีดจำกัดกำหนดด้านล่าง (LSL) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความสูญเสียในส่วนของต้นทุนความล้มเหลวด้านคุณภาพให้แก่ผู้ผลิตมากขึ้น เช่น มีผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการแก้ไข หรือต้องทำลายทิ้งมากขึ้น ซึ่งการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงค่าเป้าหมายในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบ จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีต้นทุนวัตถุดิบสูง ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตตระหนักถึงการผลิตให้ได้ตรงค่าเป้าหมายมากที่สุด เช่น ใช้ในการประเมินความสูญเสียจากมูลค่าทองที่ใช้เคลือบผิวส่วนเปิดของทองแดง เมื่อใช้ปริมาณทองเกินค่าเป้าหมาย [4]

5. ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การเปรียบเทียบความสามารถของกระบวนการผลิตสบู่อายุ ๑๕ ปี โดยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เฉพาะในกระบวนการขึ้นรูปสบู่อ่อน ซึ่งเป็นกระบวนการสุดท้ายของการผลิตสบู่อ่อน จะทำให้ทราบมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมคุณภาพของสบู่อ่อน โดยพิจารณาข้อมูลการผลิตสบู่อ่อน ดังตารางที่ 1

มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อน พิจารณาดังตารางที่ 2 และมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของสบู่อ่อน พิจารณาดังตารางที่ 3

เมื่อพิจารณาดังตารางที่ 2 จะเห็นว่าค่าการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อนนำมาซึ่งความสูญเสียเป็นมูลค่าสูงที่สุด 101,115 บาท/เดือน โดยเป็นพารามิเตอร์ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ และมีผลต่อการสั่งซื้อ ซึ่งผู้บริโภคจะไม่ยอมรับสบู่อ่อนที่มีน้ำหนักต่ำกว่าข้อกำหนดด้านล่าง (< 80.3 กรัม) แต่ถ้าสบู่อ่อนมีน้ำหนักมากกว่าข้อกำหนดด้านบน (> 80.7 กรัม) ผู้บริโภคยังให้การยอมรับ เมื่อมีการปฏิเสธจากการควบคุมน้ำหนักสบู่อ่อนด้วยโอกาส ($1-Pa$) จะนำเอาสบู่อ่อนทั้งหมดจากวันนั้นไปทำการขึ้นรูปใหม่ ซึ่งถือเป็นการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง ในการคำนวณมูลค่าความสูญเสียจากการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง (Rework Cost) สามารถประยุกต์การคำนวณได้จากสมการที่ 7 แต่จะไม่นำสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่อง (P) และสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่สามารถแก้ไขได้ ($P_{RW} = (P_{LSL}/P) = 1$) มาพิจารณาด้วย จึงสามารถปรับสมการในการคำนวณได้เป็น $C_{RW} = (1-Pa)(N)(C_{RW})$ ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการปฏิเสธของผลิตภัณฑ์ (Cr) จากการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อน จะเป็นผลมาจากมูลค่าความสูญเสียเฉพาะในการแก้ไขผลิตภัณฑ์บกพร่อง

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิตสบู่อ่อนในระยะเวลา 1 เดือน

ข้อมูลการผลิตสบู่อ่อน	
จำนวนการผลิต	ผลิตสบู่อ่อน 18,000 ชิ้น/รุ่น ทั้งหมด 12 รุ่น/เดือน (216,000 ชิ้น/เดือน)
พารามิเตอร์ที่ควบคุม คุณภาพสบู่อ่อน	1. น้ำหนัก (Weight) 2. เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) 3. เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ (%FFA)
การตรวจสอบคุณภาพ สบู่อ่อน	ตรวจสอบคุณภาพต่อรุ่นด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผันแปร ANSI/ASQ Z1.9 Weight: ตรวจสอบแบบปกติ (II), AQL1% , $n = 100$, $M = 2.18\%$ %Moisture: ตรวจสอบแบบปกติ (II), AQL1.5% , $n = 100$, $M = 3.06\%$ %FFA: ตรวจสอบแบบปกติ (II), AQL1.5% , $n = 100$, $M = 3.06\%$
การควบคุมคุณภาพสบู่อ่อน	ควบคุมคุณภาพของสบู่อ่อนต่อรุ่นจาก 3 พารามิเตอร์ ด้วยแผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$
ผลการควบคุมคุณภาพ สบู่อ่อน	ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพทั้ง 3 พารามิเตอร์ อยู่ภายใต้สภาวะควบคุม และข้อมูลมีการ แจกแจงแบบปกติ

ในส่วนของการควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของสบู่อ่อน (%FFA) พิจารณาดังตารางที่ 3 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสบู่อ่อนนำมาสู่ความสูญเสียเป็นมูลค่า 756 บาท/เดือน และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของสบู่อ่อนนำมาสู่ความสูญเสียเป็นมูลค่า 1,058 บาท/เดือน โดยในการควบคุมคุณภาพของสบู่อ่อนจาก 2 พารามิเตอร์นี้ จะไม่มีการปฏิเสธรุ่นของผลิตภัณฑ์ สังเกตจากโอกาสในการยอมรับรุ่น $P_a = 1$ และเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่มีผลต่อการสั่งซื้อของผู้บริโภคไม่ว่าจะมีคุณภาพเป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ก็ตาม แต่จะมีผลต่อต้นทุนในการผลิต จึงมีเฉพาะมูลค่าความสูญเสียจากการผลิตไม่ตรงตามค่าเป้าหมายในส่วนของต้นทุนวัตถุดิบ

ผลจากการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมคุณภาพของสบู่อ่อนจะเห็นว่า น้ำหนักของสบู่อ่อนเป็นพารามิเตอร์ที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียสูงสุดในกระบวนการขึ้นรูปสบู่อ่อน ซึ่งก็ควรดำเนินการปรับปรุงในส่วนของการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อนเป็นลำดับแรก จากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า น้ำหนักของสบู่อ่อนจะมีผลมาจากแม่พิมพ์เครื่องปั๊มขึ้นรูปสบู่อ่อน ซึ่งเมื่อทำการปั๊มขึ้นรูปสบู่อ่อนติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ระยะห่างแม่พิมพ์ของเครื่องปั๊มคลาดเคลื่อนไปจากมาตรฐานที่ตั้งไว้ จึงควรมีการปรับมาตรฐานในการทำงานใหม่ โดยควรมีการตรวจสอบสภาพเครื่องปั๊มให้เป็นไปตามมาตรฐานการทำงานอยู่เสมอ ในส่วนของการปรับปรุงในปัญหาที่รองลงมาคือ การปรับปรุงในส่วนของการควบคุมเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสบู่อ่อน ตามลำดับ พิจารณาดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อนในระยะเวลา 1 เดือน

ประเภท ต้นทุน	การคำนวณ	ต้นทุน (บาท/รุ่น)	ต้นทุนรวม	ข้อมูลประกอบการคำนวณ
Cr_i	$C_{RW} = (1-Pa)(N)(c_{RW})$	3,686.85		$USL = 80.7$ กรัม
	$C_{RW} = 0.2731 \times 18,000 \times 0.75$			$LSL = 80.3$ กรัม
Ca	$C_{RS} = P_{PC} \times N_C \times c_{RS}$	892.8	$TC = Cr + Ca + C_{OT}$ $TC = 8,426.25$ (บาท/รุ่น)	Target = 80.5 กรัม
	$C_{RS} = 0.0124 \times 18,000 \times 4$			$\mu = 80.74$ กรัม, $SD = 0.21$
	$C_{PC} = P_{PC} \times N_C \times c_{PC}$	2,232		$N = N_C = 18,000$ ชิ้น/รุ่น
	$C_{PC} = 0.0124 \times 18,000 \times 10$			$Pi = P_{LSL} = 0.0171$, $P_{RW} = 1$
	$C_{PR} = P_{PC} \times N_C \times c_{PR}$	1,339.2		$Pa = 0.7269$
	$C_{PR} = 0.0124 \times 18,000 \times 6$			$1-Pa = 0.2731$
	$C_{RWC} = P_{PC} \times N_C \times P_{RW} \times c_{RWC}$	167.4	$TC = 8,426.25$ (บาท/รุ่น) $\times 12$ (รุ่น/เดือน) $TC = 101,115$ (บาท/เดือน)	$P_{PC} = 0.0124$
	$C_{RWC} = 0.0124 \times 18,000 \times 1 \times 0.75$			$C_p = 0.32$, $C_{pk} = -0.06$
	$C_{OT} = (\mu - T) N M$	108		$c_{RW} = 0.75$ บาท/ชิ้น
	$C_{OT} = (80.74 - 80.5)(18,000)(0.025)$			$c_{RS} = 4$ บาท/ชิ้น
			$c_{PC} = 10$ บาท/ชิ้น	
			$c_{PR} = 6$ บาท/ชิ้น	
			$c_{RWC} = 0.75$ บาท/ชิ้น	
			$M_{weight} = 0.025$ บาท/กรัม	

ข้อสังเกตในการพิจารณาลำดับการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการขึ้นรูปสบู่อ่อนจากการควบคุมคุณภาพของสบู่อ่อนคือ การประเมินจากมูลค่าความสูญเสียจะให้ผลสอดคล้องกับดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ โดยการควบคุมน้ำหนักของสบู่อ่อนจะมีดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการต่ำที่สุด ($C_p = 0.32$ และ $C_{pk} = -0.06$) แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณามูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการ จะช่วยให้ผู้ผลิตทราบถึงพารามิเตอร์หลักที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียในการผลิตได้อย่างแท้จริง

ตารางที่ 3 มูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมเปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระของสับปะรด ในระยะเวลา 1 เดือน

พารามิเตอร์	ข้อมูลกระบวนการ	ประเภทต้นทุน	การคำนวณ	ต้นทุน (บาท/รุ่น)	ต้นทุนรวม
%Moisture	$USL = 14\%, LSL = 10\%$	C_{OT}	$C_{OT} = (\mu - T) N M$ $C_{OT} = (12.07 - 12)(18,000)(0.05)$	63	$TC = 63$ (บาท/รุ่น) $\times 12$ (รุ่น/เดือน) $TC = 756$ (บาท/เดือน)
	Target = 12%				
	$\mu = 12.07\%$				
	$SD = 0.398$				
	$C_p = 1.68, C_{pk} = 1.62$				
	$P = 0.0000$				
	$Pa = 1$				
	$M = 0.05$ บาท/%Moisture				
%FFA	$USL = 1.7\%, LSL = 0.7\%$	C_{OT}	$C_{OT} = (\mu - T) N M$ $C_{OT} = (1.27 - 1.2)(18,000)(0.07)$	88.20	$TC = 88.20$ (บาท/รุ่น) $\times 12$ (รุ่น/เดือน) $TC = 1,058$ (บาท/เดือน)
	Target = 1.2%				
	$\mu = 1.27\%, SD = 0.124$				
	$C_p = 1.34, C_{pk} = 1.15$				
	$P = 0.00018$				
	$Pa = 1$				
	$M = 0.07$ บาท/%FFA				

ตารางที่ 4 ลำดับการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการผลิตสับปะรด

ลำดับการปรับปรุง	พารามิเตอร์	ต้นทุน (บาท/เดือน)	ต้นทุน (%)
1	น้ำหนัก	101,115	98.24
2	เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ	1,058	1.03
3	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	756	0.73

6. สรุปผล

ในการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายพารามิเตอร์ เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตจะต้องพิจารณาว่า ควรจะดำเนินการปรับปรุงในพารามิเตอร์ใดที่เป็นสาเหตุหลักซึ่งนำมาสู่ความสูญเสียในกระบวนการผลิต โดยมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการเป็นอีกเกณฑ์หนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณา เนื่องจากผู้ผลิตโดยส่วนใหญ่ มุ่งที่จะลดมูลค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จากการพัฒนาตัวแบบต้นทุนของแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผัน

แปร ANSI/ASQ Z1.9 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากการควบคุมคุณภาพของสบู่มาก่อน ซึ่งพบว่าควรเร่งดำเนินการปรับปรุงในส่วนของการควบคุมน้ำหนักของสบู่มาก่อน (weight) เป็นลำดับแรก รองลงมาคือ การปรับปรุงในส่วนของการควบคุมเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระ (%FFA) และเปอร์เซ็นต์ความชื้นของสบู่มาก่อน (%Moisture) โดยก่อให้เกิดมูลค่าความสูญเสีย ร้อยละ 98.24 ร้อยละ 1.03 และร้อยละ 0.73 ตามลำดับ ซึ่งการประเมินมูลค่าความสูญเสียจากระดับความสามารถของกระบวนการที่เป็นผลมาจากหลายพารามิเตอร์ จะช่วยในการพิจารณาเลือกปรับปรุงพารามิเตอร์ที่เป็นสาเหตุหลักที่นำมาสู่มูลค่าความสูญเสียในกระบวนการผลิตได้อย่างแท้จริง

บรรณานุกรม

- [1] H. T. Chen and K. S. Chen, "Advanced multi-process performance analysis chart for an entire product with joint confidence regions," *International Journal of Production Research*, vol. 45, no. 9, pp. 2141-2159, 2007.
- [2] W. L. Pearn, Y. C. Chang, and C. W. Wu, "Multi-process performance analysis chart based on process loss indices," *International Journal of Systems Science*, vol. 37, no. 7, pp. 429-435, 2006.
- [3] G. Taguchi, "What is experimental design for quality," in *Taguchi Methods Design of Experiments, Quality Engineering Series*, vol. 4. USA: American Supplier Institute, 1993, pp. 1-10.
- [4] ศิริรินทร์ ทันอินทรอาจ และ นภัตตวงศ์ โรจนโรวรรณ, "การพัฒนาแนวทางสำหรับการจัดลำดับความสำคัญของพารามิเตอร์ในการใช้แผนภูมิควบคุม," *นิตยสาร For Quality Management*, ฉบับที่ 177, หน้า 26-29, 2555.
- [5] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, "การชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ-ข้อมูลผันแปร," ใน *หลักการการควบคุมคุณภาพ*, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2550, หน้า 633-670.
- [6] C. W. Wu, M. Aslam, and C. H. Jun, "Variables sampling inspection scheme for resubmitted lot based on the process capability index C_{pk} ," *European Journal of Operational Research*, vol. 217, pp. 560-566, 2012.
- [7] D. C. Montgomery, "Other acceptance-sampling techniques," in *Introduction to Statistical Process Control*, 5th ed. USA: John Wiley & Son, 2005, pp. 688-700.
- [8] ดนุชา คุณพนิกิจ, "ต้นทุนคุณภาพ," ใน *การวิเคราะห์ต้นทุน*, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553, หน้า 151-158.
- [9] S. Sirikhumhom, and N. Rojanarowan, "Development of Cost-Based Acceptance Sampling Plans for Multi-Stage Inspection Processes," in *International Conference of Business and Industrial Research*, 2010.

