

การเพิ่มผลผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานด้วยการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพและวิศวกรรมคุณค่า

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT FOR DISHWASHING LIQUID PRODUCT BY QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT AND VALUE ENGINEERING

ธนิศ ศรีธรรมย์

หัวหน้าหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : tanin.sr@spu.ac.th

ทิปกร คุณาพรวิวัฒน์

อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : teepagron.ku@spu.ac.th

ชวลิต มณีศรี

อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : chawalit.ma@spu.ac.th

บทคัดย่อ

ผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานของกลุ่มราษฎรบ้านดู่ลาด จังหวัดยโสธร มีรูปแบบของการดำเนินงานคล้ายกับสินค้าระดับชุมชนทั่วไปที่เริ่มต้นจากการใช้แรงงานผลิตเป็นหลัก ซึ่งเมื่อมีความต้องการสินค้าเพิ่มมากขึ้นจะประสบปัญหาในด้านการผลิต การเพิ่มผลผลิตจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อรักษาโอกาสด้านการขายไว้ให้ได้ การดำเนินการวิจัยเริ่มจากการศึกษาความต้องการของลูกค้าหรือกลุ่มราษฎรบ้านดู่ลาด ด้วยการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ เพื่อให้ผลของการเพิ่มผลผลิตตรงตามความต้องการมากที่สุด และบูรณาการกับแนวคิดวิศวกรรมคุณค่าเพื่อให้ผลของการเพิ่มผลผลิตยังคงคุณค่าของกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ไว้ได้ ผลงานวิจัยทำให้สามารถออกแบบเครื่องผสมน้ำยาล้างจานที่มีกำลังการผลิตและคุณภาพตรงตามความต้องการของกลุ่มราษฎรบ้านดู่ลาดได้ โดยเพิ่มผลผลิตจากวันละ 30 ลิตร เป็นวันละ 120 ลิตร และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 13 วันทำงาน

คำสำคัญ : น้ำยาล้างจาน การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ วิศวกรรมคุณค่า

ABSTRACT

The dishwashing liquid product of Ban Dulat community in Yasothon province has an operation pattern similar to that of other community products in general which starts with labour-based production. Increasing demands always cause production problems. Productivity improvement is therefore necessary to maintain sales opportunity. The research starts from identifying customer needs from members of Ban Dulat community using the quality function deployment approach in order to ensure that results of productivity increase are best relevant to the customers' needs. In addition, this is integrated with a value engineering concept in order to increase productivity with maintenance of values of the production process and products. The research findings resulted in the design of a dishwashing liquid mixing machine which has the production capacity and quality relevant to the needs of Ban Dulat villagers, i.e. the productivity has been increased from 30 liters to 120 liters per day, with the payback period within 13 production days.

KEYWORDS : Dishwashing liquid, Quality function deployment, Value engineering

บทนำ

ผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมาใช้ในชีวิตประจำวันเพื่อชำระล้างภาชนะในทุกครัวเรือน ด้วยเหตุนี้เองเพื่อเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในครัวเรือนลง กลุ่มราษฎรชาวบ้านคู่ลาด ตำบลคู่ลาด อำเภอยะหา จังหัดยโสธร ได้รวมกลุ่มและดำเนินงานในลักษณะของวิสาหกิจชุมชนขึ้นในช่วงแรกเริ่มการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานของกลุ่มราษฎร มีรูปแบบของการดำเนินงานคล้ายกับสินค้าระดับชุมชนทั่วไปที่ใช้แรงงานผลิตเป็นหลัก มีการใช้แรงงานในการยกของผสมและบรรจุร่วมกับอุปกรณ์ในครัวเรือน เช่น ถัง ไม้กวน กะละมัง เป็นต้น โดยมีกำลังการผลิต 30 ลิตรต่อวัน ผลิตสัปดาห์ละ 1 วัน รวม 46 ครั้งต่อปี อย่างไรก็ตามเมื่อได้รับความนิยมมากขึ้นจากคุณภาพและราคาที่เหมาะสม ทำให้กลุ่มราษฎรฯ ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการสินค้าที่เพิ่มขึ้นได้ และสมาชิกส่วนใหญ่อยู่ในช่วงวัยกลางคน การเพิ่มผลผลิตด้วยระบบและทรัพยากรที่มีอยู่ในปัจจุบันจึงเป็นไปได้ยาก

คณะผู้วิจัยประเมินความเป็นไปได้ในการเพิ่มผลผลิตโดยใช้เทคโนโลยีด้วยการสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจานแนวคิดในการพัฒนาเริ่มจากการทำความเข้าใจต่อความต้องการของกลุ่มราษฎรฯ เป็นอันดับแรก โดยประยุกต์ใช้การแปลง

หน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality function deployment: QFD) เพื่อยืนยันว่าผลลัพธ์ของงานวิจัยจะเป็นไปตามที่กลุ่มราษฎรฯ ต้องการ และบูรณาการกับแนวคิดวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering: VE) เพื่อให้ผลของการเพิ่มผลผลิตยังคงคุณค่าของกระบวนการผลิต และคุณค่าผลิตภัณฑ์ไว้ได้ โดยมีเป้าหมาย ในการเพิ่มผลผลิตเป็น 120 ลิตรต่อวัน ตามที่กลุ่มราษฎรฯ ต้องการ

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมในส่วนนี้ได้อธิบายถึงภาพรวมของทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมาของการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ และวิศวกรรมคุณค่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ

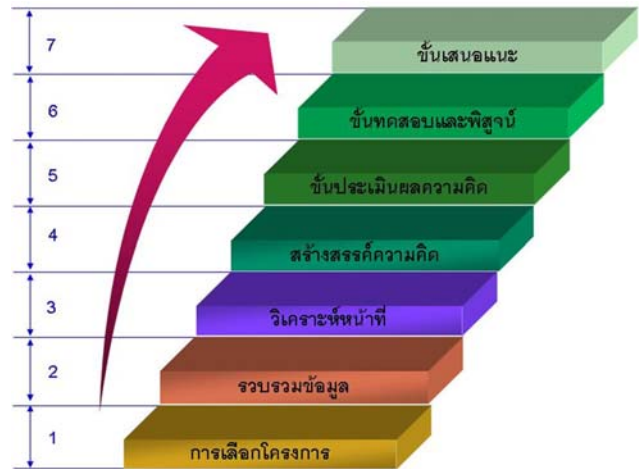
การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality function deployment: QFD) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Dr.Yoji Akao เมื่อปี ค.ศ. 1972 เป็นเทคนิคที่ใช้ในการจัดโครงสร้างเพื่อจัดการออกแบบวางแผนและพัฒนาผลิตภัณฑ์/ บริการ/ กระบวนการ ซึ่งเน้นที่การตอบสนองความต้องการของลูกค้า/ ผู้รับบริการ/ ผู้ใช้เป็นหลัก มากกว่าการพัฒนานวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี โดยเทคนิคนี้จะช่วยระบุความต้องการของลูกค้าได้อย่างชัดเจน และประเมิน

คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้ามากขึ้นเพียงใด (ชาวลิต มณีศรี, 2553) การนำ QFD ไปใช้ในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น ชาญชัย พลตรี และ ฤทธิชัย จันทระสา (2555) ใช้บ้านคุณภาพ (House of quality: HOQ) หรือ QFD ในขั้นที่ 1 ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นทุเรียนต้นแบบที่สามารถประกอบและติดตั้งง่าย เครื่องมีรูปทรงและขนาดที่เหมาะสม เครื่องใช้งานง่าย และการทำงานของเครื่องมีประสิทธิภาพ ตรงตามความต้องการที่แท้จริงของกลุ่มเกษตรกร 6 กลุ่ม ในจังหวัดระยองและจันทบุรี นอกจากนี้ QFD ยังถูกนำไปใช้ร่วมกับทฤษฎีหรือเครื่องมืออื่นในการท้าวิจัย เช่น Prasad and Chakraborty (2013) ประยุกต์ใช้ QFD ร่วมกับ Visual Basic 6.0 ในการสร้างแบบจำลองสำหรับการเลือกวัสดุที่ตรงกับความต้องการของลูกค้ามาก เพื่อลดข้อผิดพลาดและต้นทุนที่เกิดจากการเลือกวัสดุซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ และ Zhanga et al. (2014) ประยุกต์ใช้ QFD ร่วมกับทฤษฎีในการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (Theory of innovation problem solving: TRIZ) และทฤษฎีการตัดสินใจกลุ่มคลุมเครือ (Fuzzy group decision-making theory) ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านการเกษตร สามารถประเมินและตัดสินใจทางเลือกของการออกแบบที่เหมาะสมที่สุดได้ ซึ่งทำให้เห็นว่า QFD สามารถใช้แก้ปัญหาด้านการออกแบบ และสามารถประยุกต์ใช้ร่วมทฤษฎีอื่นได้

วิศวกรรมคุณค่า

Miles (1989) เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering: VE) ในการแก้ปัญหาวัดดุติบขนาดแคลนและมีราคาสูง โดยกำหนดว่า ต้องวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนหรือกระบวนการที่สามารถทดแทนกันได้โดยที่มีต้นทุนต่ำลงหรืออาจกล่าวได้ว่า VE คือ "การประยุกต์เทคนิคที่มีระบบโดยเน้นการทำงาน (Function) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการเป็นหลักใหญ่ ด้วยต้นทุนที่ต่ำสุด และคงไว้ซึ่งความน่าเชื่อถือได้" (อัมพิกา ไกรฤทธิ, 2551)

การนำ VE ไปใช้งานค่อนข้างจะมีการดำเนินงานที่เป็นระบบ ซึ่งมีหลายรูปแบบ โดยรูปแบบของ Arthur E. Mudge เป็นแผนงานที่เป็นที่นิยมมาก ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน (อัมพิกา ไกรฤทธิ, 2551) ดังรูปที่ 1 คือ



รูปที่ 1 แผนดำเนินงาน VE ของ Arthur E. Mudge

VE ถูกนำไปการประยุกต์ใช้ใน 2 มุมมองคือ วัสดุและกระบวนการ โดยงานวิจัยนี้เน้นหนักทางด้านวัสดุ และม้งงานวิจัยที่เป็นตัวอย่าง เช่น การประยุกต์ใช้ VE ในการลดต้นทุนเครื่องทำน้ำอุ่นพลังงานแสงอาทิตย์ เกลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง (2555) โดยเปลี่ยนวัสดุจากท่อทองแดงเป็นท่ออลูมิเนียมซึ่งลดต้นทุนได้ 2,800 บาท และคงคุณค่าในการนำความร้อนไว้ได้ Leber et al. (2014) ใช้การวิเคราะห์คุณค่า (Value Analysis: VA) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของ VE ในการกำจัลลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ไม่ตรงกับความต้องการของลูกค้าและเป็นส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็น นอกจากนี้ยังมีงานวิจัย Behncke et al. (2014) ซึ่งสร้างแบบจำลองจากแนวคิด VE โดยพิจารณาต้นทุนและคุณค่าของกระบวนการผลิตให้ตรงกับความต้องการมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยที่ผ่านมาได้พบว่า หากต้องการเพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยี เช่น การสร้างหรือพัฒนาเครื่องจักรสามารถประยุกต์ใช้ QFD และ VE ได้ โดยคณะผู้วิจัยเห็นว่า หากนำแนวคิดทั้ง 2 แนวคิดมาใช้ร่วมกันสามารถทำให้เครื่องผสมน้ํายาล้างจานที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและคงคุณค่าตามที่ต้องการไว้ได้

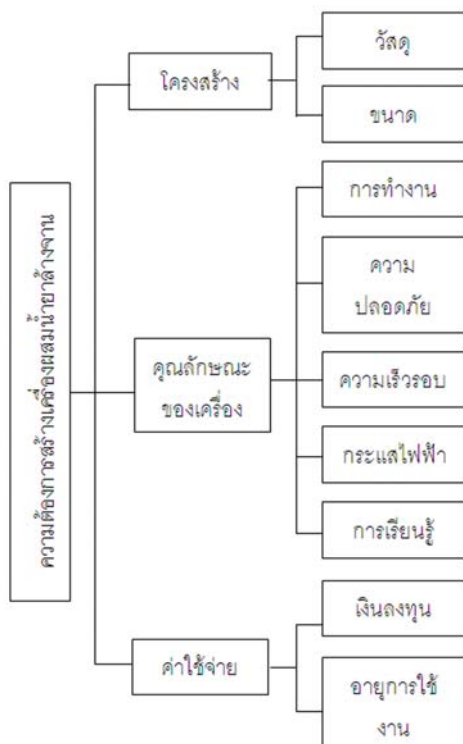
การดำเนินงานวิจัย

กระบวนการพัฒนาเครื่องผสมน้ํายาล้างจานโดยประยุกต์ใช้ QFD และ VE เริ่มจากการศึกษาความต้องการของกลุ่มราษฎร

ซึ่งเป็นผู้ใช้งานเครื่องผสมฯ ด้วย QFD ซึ่งประกอบด้วยการเก็บข้อมูลเสียงเรียกร้องของลูกค้า (Voice of customer: VOC) และการสร้างบ้านคุณภาพ (House of quality: HOQ) ซึ่งจะทำให้ทราบข้อกำหนดทางเทคนิค เป้าหมายและแนวทางในการพัฒนาเครื่องผสมฯ ขณะเดียวกันทำการศึกษากระบวนการผลิตเพื่อวิเคราะห์หน้าที่ตามหลักการของ VE และบูรณาการร่วมกับข้อมูลที่ได้จาก HOQ ในขั้นตอนแนวคิดสร้างสรรค์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและสร้างเครื่องผสมฯ ในท้ายที่สุดโดยมีรายละเอียดดังนี้

การแปลงความต้องการของลูกค้า

การศึกษาความต้องการของลูกค้าหรือ VOC เป็นขั้นตอนแรกของ QFD โดยการใช้แบบสอบถามทั้งแบบปลายเปิดและปลายปิดทำการสัมภาษณ์สมาชิกของกลุ่มราษฎรฯ จำนวน 10 ครีวเรือน จากทั้ง 30 ครีวเรือนของหมู่บ้านดู่ลาดที่สามารถสละเวลาในการร่วมทำวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดเรียงถ้อยคำ (Reworded data) โดยจัดกลุ่มความต้องการที่มีต่อการสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน 3 กลุ่ม ด้วยแผนผังต้นไม้ (Tree diagram) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนผังต้นไม้ของความต้องการสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน

นำข้อมูลจากรูปที่ 2 มาพัฒนาต่อเป็น HOQ ดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของ QFD แบบ Four-phases model ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการถึงขั้นตอนนี้เท่านั้น เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อกำหนดทางเทคนิคสำหรับออกแบบเครื่องจักรต่อไป

กระบวนการสร้าง HOQ เริ่มจากการสำรวจระดับค่าความสำคัญของความต้องการ (Important weight: IMP) จากรูปที่ 2 โดยการให้กลุ่มชาวบ้านฯ ประเมินในแต่ละความต้องการ ซึ่งมีระดับคะแนนตั้งแต่ 1-9 แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย มีผลดังแสดงในรูปที่ 3 ความต้องการที่มีความสำคัญที่สุดคือ ขนาด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.53 จากนั้นแปลงความต้องการเป็นข้อกำหนดทางเทคนิค พร้อมกับระบุความสัมพันธ์ภายในระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคในส่วนบนสุดของ HOQ รวมทั้งดำเนินการประชุมระดมสมองร่วมกับกลุ่มชาวบ้านฯ ในการกำหนดค่าเป้าหมาย (Target value) ของข้อกำหนดทางเทคนิค ในส่วนล่างของ HOQ ซึ่งมีทิศทางในการพัฒนา 3 รูปแบบ คือ ค่าสูงขึ้นยิ่งดี (↑) ค่าน้อยลงยิ่งดี (↓) และค่าตรงกับเป้าหมายดีที่สุด (○)

ขั้นตอนต่อมา คือ ประเมินระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค ซึ่งแบ่งระดับคะแนนเป็น 4 ช่วงคือ ช่องว่าง - 1 - 3 - 9 หรือจากไม่มีความสัมพันธ์ไปจนถึงสัมพันธ์มาก ตามที่ปรากฏอยู่ในส่วนกลางของตารางเมตริกซ์ จากนั้นหาค่าน้ำหนักความสำคัญของความต้องการทางเทคนิคสมบูรณ์ (Absolute technical requirement important: ATI) โดยเป็นผลรวมของผลคูณระหว่าง IMP และระดับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับข้อกำหนดทางเทคนิค และคำนวณหาค่าน้ำหนักความสำคัญโดยเปรียบเทียบ (Relative technical requirement important: RTI) โดยราคาค่าสร้างเครื่องมีค่า ATI สูงที่สุด ตัวอย่างการคำนวณเช่น

ATI (การปรับความเร็วรอบ)

$$= (6.84 \times 9) + (7.53 \times 9) + (6.92 \times 3) + (7.34 \times 3) + (7.45 \times 9) + (6.36 \times 3) + (7.21 \times 9) = 323.13$$

RTI (การปรับความเร็วรอบ)

$$= \text{ATI (การปรับความเร็วรอบ)} \times 100\% / \text{ATI} = 323.13 \times 100\% / 2,872.45 = 11.25\%$$

สัญลักษณ์ของ Correlation Roof ○ คือ Strong Relationship X คือ Weak Relationship		<table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr><tr><td>1</td><td></td><td>○</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>2</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td>X</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td>X</td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>X</td></tr><tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>X</td></tr><tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>X</td><td></td><td></td></tr><tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td></td><td>○</td></tr><tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>X</td></tr><tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr><tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>○</td></tr></table>																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1		○	X										○	○	○	2			X							X			○	○	○	3										X			X	○	○	4					○			X	X				○	X	X	5								X	○				○	X	X	6							○			○			○	○	X	7										○			○	○	X	8													○	○	○	9											○	○	X			10											○	○	○	○	○	11													○		○	12														○	X	13														○	○	14															○
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																															
1		○	X										○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
2			X							X			○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
3										X			X	○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
4					○			X	X				○	X	X																																																																																																																																																																																																																																																	
5								X	○				○	X	X																																																																																																																																																																																																																																																	
6							○			○			○	○	X																																																																																																																																																																																																																																																	
7										○			○	○	X																																																																																																																																																																																																																																																	
8													○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
9											○	○	X																																																																																																																																																																																																																																																			
10											○	○	○	○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
11													○		○																																																																																																																																																																																																																																																	
12														○	X																																																																																																																																																																																																																																																	
13														○	○																																																																																																																																																																																																																																																	
14															○																																																																																																																																																																																																																																																	
Movement of Target Value ↑ Large the better ○ Target the best ↓ Smaller the better		<table><tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr><tr><td></td><td>↑</td><td>○</td><td>↑</td><td>↓</td><td>↓</td><td>○</td><td>↓</td><td>○</td><td>○</td><td>↑</td><td>○</td><td>○</td><td>↓</td><td>↑</td><td>↑</td></tr></table>																1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		↑	○	↑	↓	↓	○	↓	○	○	↑	○	○	↓	↑	↑																																																																																																																																																																																																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																																	
	↑	○	↑	↓	↓	○	↓	○	○	↑	○	○	↓	↑	↑																																																																																																																																																																																																																																																	
ทิศทางแหล่งเทคโนโลยี		<table><tr><td>ความแข็งแรง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ปลอดภัย</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ผิวสัมผัส</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ความจุของถังผสม</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>มิติของเครื่อง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>การตั้งเครื่อง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>การใช้งาน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>การวัดเครื่องจักร</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>สลายดิน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>การปรับความเร็วรอบ</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>แรงดันไฟฟ้า</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>คู่มือการใช้งาน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>ราคาค่าสร้างเครื่อง</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>อายุการใช้งาน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>อะไหล่ทดแทน</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>															ความแข็งแรง																ปลอดภัย																ผิวสัมผัส																ความจุของถังผสม																มิติของเครื่อง																การตั้งเครื่อง																การใช้งาน																การวัดเครื่องจักร																สลายดิน																การปรับความเร็วรอบ																แรงดันไฟฟ้า																คู่มือการใช้งาน																ราคาค่าสร้างเครื่อง																อายุการใช้งาน																อะไหล่ทดแทน															
ความแข็งแรง																																																																																																																																																																																																																																																																
ปลอดภัย																																																																																																																																																																																																																																																																
ผิวสัมผัส																																																																																																																																																																																																																																																																
ความจุของถังผสม																																																																																																																																																																																																																																																																
มิติของเครื่อง																																																																																																																																																																																																																																																																
การตั้งเครื่อง																																																																																																																																																																																																																																																																
การใช้งาน																																																																																																																																																																																																																																																																
การวัดเครื่องจักร																																																																																																																																																																																																																																																																
สลายดิน																																																																																																																																																																																																																																																																
การปรับความเร็วรอบ																																																																																																																																																																																																																																																																
แรงดันไฟฟ้า																																																																																																																																																																																																																																																																
คู่มือการใช้งาน																																																																																																																																																																																																																																																																
ราคาค่าสร้างเครื่อง																																																																																																																																																																																																																																																																
อายุการใช้งาน																																																																																																																																																																																																																																																																
อะไหล่ทดแทน																																																																																																																																																																																																																																																																
ความต้องการของลูกค้า		IMP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																															
โครงสร้าง	วัสดุ	6.84	9	9	9					3				9	9	3																																																																																																																																																																																																																																																
	ขนาด	7.53	3			9	3							9																																																																																																																																																																																																																																																		
คุณลักษณะของเครื่อง	การทำงาน	6.92						9	3	3		9	1	9	3																																																																																																																																																																																																																																																	
	ความปลอดภัย	7.34	3	3	1		3	9	1	9	9	3	9	9	3	3	3																																																																																																																																																																																																																																															
	ความเร็วรอบ	7.45				3		9	9			9	3	3	9	3	3																																																																																																																																																																																																																																															
	กระแสไฟฟ้า	6.36									9	9	9		3	3	3																																																																																																																																																																																																																																															
	การเรียนรู้	6.47						9	9			3		9																																																																																																																																																																																																																																																		
ค่าใช้จ้าง	เงินลงทุน	7.21	9	9	3	9	9			3	1	9	9		9																																																																																																																																																																																																																																																	
	อายุการใช้งาน	7.18	9	9										3		9	9																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																																																																																																															
Target Value			> 85 ksi	ปลอดภัย	มีผิวสัมผัส	< 30 ลิตร	< 1*1.5 m	ตั้งอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ	มีจุดควบคุม <= 2 จุด	มีการวัดเครื่องจักรในจุดเสี่ยง	มีสลายดิน	ปรับความเร็วรอบ > 3 ค่า	AC 220V	มีคู่มือใช้งาน	< 60,000 บาท	> 5 ปี	> 2 ที่ห้อง (ในแต่ละชิ้นส่วน)																																																																																																																																																																																																																																															
Absolute Technical Requirement		235.68																																																																																																																																																																																																																																																														
Importance		235.68	7.42%	213.09	90.53	155.01	109.50	253.62	153.38	128.97	130.51	292.89	217.46	230.46	323.13	189.63	148.59																																																																																																																																																																																																																																															
Relative Technical Requirement		8.20%	7.42%	3.15%	5.40%	3.81%	8.83%	5.34%	4.49%	4.54%	10.20%	7.57%	8.02%	11.25%	6.60%	5.17%	100.00%																																																																																																																																																																																																																																															
Importance		2872.45																																																																																																																																																																																																																																																														

รูปที่ 3 บ้านคุณภาพของการสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน

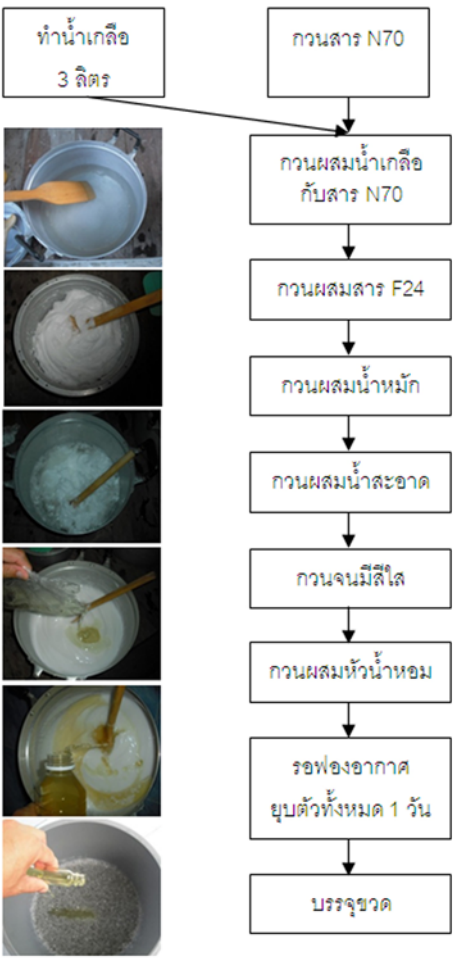
การวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการผลิต

การวิเคราะห์หน้าที่เริ่มจากการดำเนินการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน เช่นกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์และวัตถุดิบ คือ หม้อผสมอลูมิเนียม ไม้กวน เกลือ สาร N70 (ลดแรงตึงผิว) สาร F24 (ขจัดไขมัน) น้ำหมักสมุนไพร น้ำสะอาด และหัวน้ำหอม

กระบวนการผลิตเดิมใช้แรงงานและเวลาในการผสม (กวน) แต่ละขั้นตอนเป็นเวลานาน โดยใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมงต่อผลผลิต 10 ลิตร (เฉพาะการผสมเสร็จ ไม่รวมการรอให้ฟองอากาศยุบตัวอีกประมาณ 24 ชั่วโมง) ขาดความสม่ำเสมอของความเร็วในการกวนทำให้เกิดฟองอากาศจำนวนมาก และเป็นการทำงานที่ใช้ทักษะประสบการณ์จึงทำให้ขาดรูปแบบการทำงานที่เป็นมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์หน้าที่ดังตารางที่ 1 พบว่า การผสมน้ำยาล้างจานมีส่วนประกอบหลักคือ คน ไม้กวน และหม้อผสมอลูมิเนียม อย่างละ 2 ชุด ตามลักษณะของกระบวนการทำงาน ซึ่งคน ไม้กวน และ หม้อผสมอลูมิเนียม มีหน้าที่หลัก คือ ควบคุมความเร็ว ผสมส่วนผสม และบรรจุของเหลว ตามลำดับ และเป็นหน้าที่ที่มีความสำคัญต่อการปรับปรุงในงานวิจัยนี้

นำข้อมูลจากตารางที่ 1 มาเป็นประเด็นในขั้นตอนความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นการระดมสมอง (Brainstorming) ระหว่างคณะผู้วิจัยและกลุ่มราษฎรฯ ทำการเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆ ในแต่ละส่วนประกอบเพื่อปรับเปลี่ยนและพัฒนาส่วนประกอบของอุปกรณ์และกระบวนการที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยา



รูปที่ 4 กระบวนการผลิตน้ำยาล้างจาน

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หน้าที่การผลิตน้ำยาล้างจาน (ก่อนปรับปรุง)

จำนวน	ส่วนประกอบ	หน้าที่			
		กริยา	นาม	หลัก	รอง
2	คน	ควบคุม	ความเร็ว	✓	
		บังคับ	ทิศทาง		✓
		ส่ง	แรง		✓
2	ไม้กวน	ผสม	ส่วนผสม	✓	
		บังคับ	ทิศทาง		✓
		ส่งผ่าน	แรง		✓
2	หม้อผสมอลูมิเนียม	บรรจุ	ของเหลว	✓	
		รองรับ	น้ำหนัก		✓
		ป้องกัน	สิ่งเจือปน		✓

ล้างจาน โดยคงคุณค่าและคุณภาพไว้ตามแนวคิดของ VE เช่น ไข่มอเตอร์ไฟฟ้าและตู้ควบคุมแทนคน เพื่อควบคุมความเร็วในการกวนให้เป็นไปตามต้องการและสม่ำเสมอ และเปลี่ยนใบกวนสแตนเลสแทนไม้กวน เพื่อลดแรงต้านและกระจายแรงในการกวนให้ทั่วถึงทั้งหมดผสมฯ เป็นต้น

นอกจากนี้ผู้เกี่ยวข้องยังเสนอแนวคิดในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการโดยลดการกวนเตรียมสาร N70 เนื่องจากมีความหนืดสูงสูญเสียพลังงานและเวลามาก เปลี่ยนเป็นการผสมสาร N70 พร้อมกับน้ำเกลือทันที ทำให้ลดขั้นตอน และลดแรงที่ใช้ในการกวนได้ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์หน้าที่และแนวคิดสร้างสรรค์การผลิตน้ำยาล้างจาน (หลังปรับปรุง)

จำนวน	ส่วนประกอบ	หน้าที่				แนวคิดสร้างสรรค์
		กริยา	นาม	หลัก	รอง	
2	มอเตอร์ไฟฟ้า	ส่ง บังคับ	แรง ทิศทาง	✓	✓	ลดการใช้แรงงาน และความสม่ำเสมอในการทำงาน
2	ตู้ควบคุม	ควบคุม ควบคุม	ความเร็ว ทิศทาง	✓	✓	ต้องการความสม่ำเสมอหรือความสามารถในการปรับเปลี่ยนความเร็ว และทิศทาง
2	ใบกวน สแตนเลส	ผสม บังคับ ส่งผ่าน	ส่วนผสม ทิศทาง แรง	✓	✓ ✓	เปลี่ยนให้มีพื้นที่สัมผัสมากขึ้น เพื่อให้ผสมได้เร็วขึ้น ล้างทำความสะอาดง่าย
2	หม้อผสม สแตนเลส	บรรจุ รองรับ ป้องกัน	ของเหลว น้ำหนัก สิ่งเจือปน	✓	✓ ✓	เปลี่ยนขนาดหม้อผสมให้รองรับกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้น เปลี่ยนวัสดุหม้อผสมที่ทนทาน ทำความสะอาดง่าย ลดแรงเสียดทานในการกวนผสม
2	โครงสร้าง	รองรับ ยึด เสริม	น้ำหนัก ส่วนประกอบ ความมั่นคง	✓	✓ ✓	เพิ่มเติมโครงสร้างเพื่อรองรับน้ำหนัก เพิ่มเติมโครงสร้างเพื่อยึดส่วนประกอบทั้งหมด

ตารางที่ 3 รายละเอียดการออกแบบเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน

ลำดับ	ข้อกำหนดทางเทคนิค	ค่าเป้าหมาย	รายละเอียดการออกแบบ
1	ความแข็งแรง/ปลอดภัย/ผิวสัมผัส	> 85 ksi, ปลอดภัย/ผิวสัมผัส	โครงสร้างและชิ้นส่วนทั้งหมด เป็นสแตนเลส 304 ซึ่งมีคุณสมบัติตามต้องการ
2	ความจุของถังผสม	< 30 ลิตร	ถังผสมขนาด 10 ลิตร และ 30 ลิตร
3	มิติของเครื่อง	< 1*1*1.5 m	0.4*1.0*1.5 m
4	การตั้งเครื่อง/คู่มือการใช้งาน	ตั้งอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ/ มีคู่มือ	สามารถใช้งานได้ทั้ง 2 แบบและมี WI
5	การใช้งาน	มีจุดควบคุม <= 2 จุด	ตู้ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า 2 ชุด
6	การรัดเครื่องจักร/สายดิน	มีการรัดเครื่องจักรในจุดเสี่ยง/มีสายดิน	มีฝาปิดถังกวน 2 ชุด พร้อมติดตั้งสายดิน
7	การปรับความเร็วรอบ	ปรับความเร็วรอบ > 3 ค่า	ปรับความเร็ว 0-1250 รอบ/นาที
8	แรงดันไฟฟ้า	AC 220V	มอเตอร์ AC ขนาด 0.5 แรงม้า 220V 2 ชุด
9	ราคาค่าสร้างเครื่อง	< 60,000 บาท	50,000 บาท
10	อายุการใช้งาน /	> 5 ปี	อายุการนานกว่า 5 ปี
11	อะไหล่ทดแทน	> 2 ยี่ห้อ (ในแต่ละชิ้นส่วน)	เป็นอะไหล่ที่หาได้ทั่วไป

การออกแบบเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน

นำข้อมูลข้อกำหนดทางเทคนิคจาก HOQ และ การวิเคราะห์หน้าที่ตามแนวคิดของ VE มาออกแบบและสร้าง เครื่องผสมน้ำยาล้างจาน ดังตารางที่ 3 และรูปที่ 5 ดังนี้

โดยเครื่องผสมน้ำยาล้างจานมีหลักการทำงานแยกเป็น 2 ส่วนตามถังกวน 2 ขนาด ต่อเนื่องกัน ใช้เวลาผลิตทั้งหมด 110 นาที ดังนี้

ถังเล็ก: ผสมน้ำเกลือ สาร N70 สาร F24 และน้ำหมัก ชีวภาพ (ตำแหน่งถังด้านบน) ใช้เวลารวมประมาณ 25 นาที

ถังใหญ่: ผสมน้ำสะอาด กับส่วนผสมจากถังเล็ก กวนจนน้ำยาใส แล้วเติมน้ำหอมตามกลิ่นที่ต้องการแล้วกวนต่อ (ตำแหน่งถังด้านล่าง) ใช้เวลารวมประมาณ 85 นาที หรือรอบเวลา การผลิต 110 นาที สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจาน 30 ลิตร

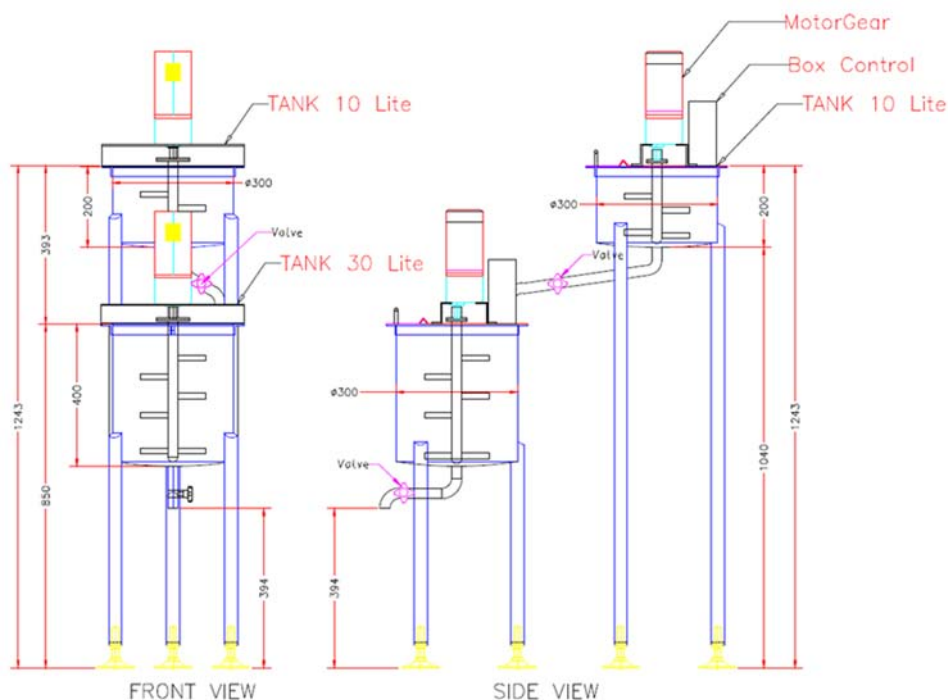
การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลเพื่อยืนยันคุณค่าของผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานที่ผลิตขึ้น แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การทดสอบอัตราการไหล การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน และจัดคຸ້ມทุน เพื่อยืนยันผล

ของการออกแบบเครื่องผสมน้ำยาล้างจานที่ตรงกับความต้องการ และยังคงรักษาคุณค่าไว้ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การทดสอบอัตราการไหล

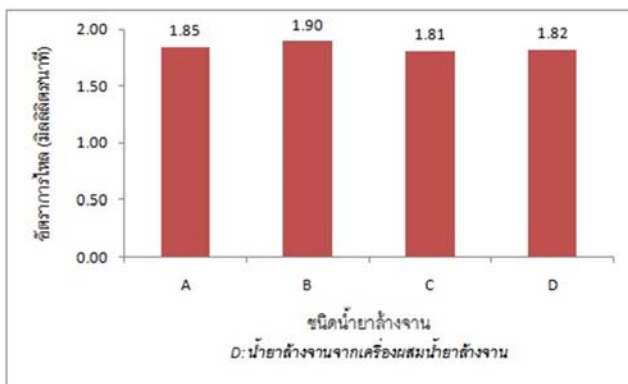
อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานมีผลต่อ ความเคຍින්ของผู้ใช้งาน หากเหลวหรือหนืดเกินไปอาจทำให้ ไม่เห็นที่นิยม การทดสอบใช้ชุดทดสอบอัตราการไหล ควบคุม อุณหภูมิทดสอบที่ 26 องศาเซลเซียส และใช้ปริมาณน้ำยาล้างจาน 10 มิลลิลิตร ต่อการทดลอง ดังรูปที่ 6 โดยเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ น้ำยาล้างจาน 3 ชนิดที่วางขายทั่วไป กับผลิตภัณฑ์น้ำยาที่ผลิตจาก เครื่องผสมน้ำยาล้างจานที่สร้างขึ้น ทดสอบซ้ำ 3 รอบต่อชนิด พบว่าช่วงอัตราการไหลเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานที่จำหน่าย ทั่วไปอยู่ระหว่าง 1.81 - 1.90 มิลลิลิตรต่อนาที ขณะที่อัตรา การไหลเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานที่ผลิตขึ้น คือ 1.82 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งอยู่ในช่วงอัตราการไหลโดยทั่วไป สามารถ ยอมรับได้ ดังรูปที่ 7



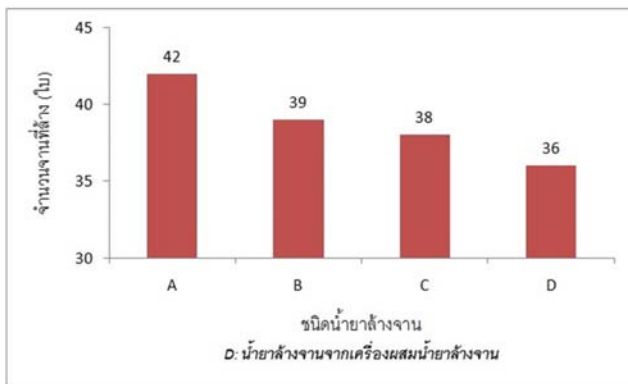
รูปที่ 5 แบบเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน



รูปที่ 6 ชุดทดสอบอัตราการไหล



รูปที่ 7 ผลการทดสอบอัตราการไหลของน้ำยาล้างจาน 4 ชนิด



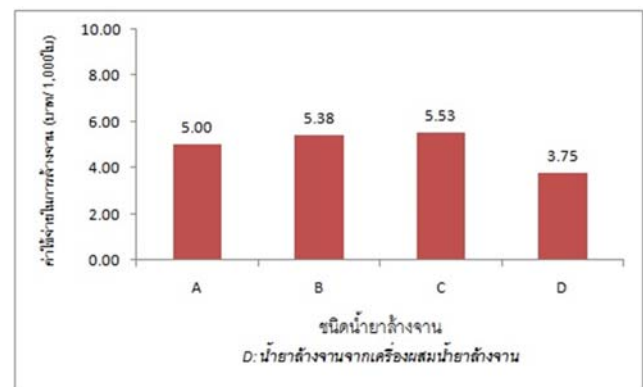
รูปที่ 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างจานของน้ำยาล้างจาน 4 ชนิด

การทดสอบประสิทธิภาพการล้างจาน

การทดสอบกำหนดให้ใช้น้ำยาล้างจาน 3 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 100 มิลลิลิตรในแต่ละชนิด ปิดฉลากตราสินค้า ทดสอบซ้ำ 3 รอบต่อชนิด ล้างจานซึ่งเพิ่งเสาะอาหารแล้ว ผลการทดลองอาจแตกต่างจากที่ทดลองในห้องปฏิบัติการ (Unilever, 2014) พบว่า น้ำยาล้างจานที่ผลิตล้างจานได้เพียง 36 ใบต่อ 3 มิลลิลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพน้อยกว่าน้ำยาล้างจานชนิดอื่นดังรูปที่ 8 แต่หากพิจารณาค่าใช้จ่ายแล้วพบว่าน้ำยาล้างจาน ที่ผลิตขึ้นมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด (ราคาขาย 45 บาทต่อลิตร ขณะที่ราคาขายยี่ห้ออื่นเฉลี่ย 70 บาทต่อลิตร) คือ 3.75 บาทต่อ 1,000 ใบ ดังรูปที่ 9

ระยะเวลาคืนทุน

ระยะเวลาคืนทุน เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนนอกเหนือจากข้อมูลด้านเทคนิค ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีคำนวณก่อนการตัดสินใจและไม่รวมดอกเบี้ยในการวิเคราะห์ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนเริ่มแรก กับผลต่างระหว่างรายรับและรายจ่ายต่อปี (Blank and Tarquin, 2011) ดังนี้



รูปที่ 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการล้างจานของน้ำยาล้างจาน 4 ชนิด

- เงินลงทุนเริ่มแรก 50,000 บาท เป็นค่าสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจาน
- รายรับต่อปี ราคาขาย 45 บาทต่อลิตร ปริมาณขาย 5,520 ลิตรต่อปี รวมรายรับ 248,400 บาทต่อปี
- รายจ่ายต่อปี เป็นค่าไฟฟ้า ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าซ่อมบำรุง 72,680 บาทต่อปี

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มแรก}}{(\text{รายรับ} - \text{รายจ่าย})} \\
 &= \frac{50,000}{(284,000 - 72,680)} \\
 &= 0.28 \text{ ปี} \\
 \text{หรือ} &= 0.28 * 46 = 13 \text{ วันทำงาน} \\
 &(**ผลิตสัปดาห์ละ 1 วัน รวม 46 ครั้งต่อปี)
 \end{aligned}$$

ผลการคำนวณพบว่า การผลิตน้ำยาล้างจานด้วยเครื่องผสมน้ำยาล้างจานที่สร้างขึ้น สามารถคืนทุนได้ภายในการผลิต 13 วันทำงาน หรือ 52 รอบการผลิต (ผลิตวันละ 4 รอบ) หรือคิดเป็นปริมาณการผลิต 1,560 ลิตร เท่านั้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ร่วมกับแนวคิดวิศวกรรมคุณค่า (VE) สามารถแก้ปัญหา กำลังการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานให้กับกลุ่มราษฎรบ้านคูลาด จังหวัดยโสธรได้ โดยการออกแบบและสร้างเครื่องผสมน้ำยาล้างจานที่สามารถเพิ่มผลผลิตจาก 30 ลิตรต่อวัน เป็น 120 ลิตรต่อวัน และมีระยะเวลาคืนทุนใน 13 วันทำงาน ซึ่งยังคงรักษาคุณภาพและตรงตามความต้องการของกลุ่มราษฎรบ้านคูลาดไว้ได้

เอกสารอ้างอิง

- อัมพิกา ไกรฤทธิ. 2551. **วิศวกรรมคุณค่า เทคนิคการลดต้นทุนอย่างมีระบบ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ขวลิต มณีศรี. 2553. "การปรับปรุงการบริหารการศึกษาในระดับอุดมศึกษา โดยประยุกต์ใช้การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ กรณีศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์," **วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 2: (มกราคม - ธันวาคม): 5-14.
- ชาญชัย พลตรี และฤกษ์วัลย์ จันทระสา. 2555. "การประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการออกแบบและพัฒนาเครื่องทันตกรรมต้นแบบ," **ในหนังสือรวมบทความการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555**, ชะอำ เพชรบุรี, 1688-1693.
- เกลิง พลเจริญ และสุรเชษฐ์ บางเมือง. 2555. "การลดต้นทุนโดยใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่า: กรณีศึกษาเครื่องทำน้ำอุ่น พลังงานแสงอาทิตย์ของมหาวิทยาลัยธนบุรี," **ในหนังสือรวมบทความ การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2555**, ชะอำ เพชรบุรี, 1031-1036.
- Behncke, F. G. H., S. Maisenbacher, and M. Maurer. 2014. "Extended Model for Integrated Value Engineering," **Procedia Computer Science**, 28: 781-788.
- Blank, L., and A. Tarquin. 2011. **Engineering Economy**. 5th ed. New York: McGraw-Hill Book.
- Leber, M., M. Bastic, M. Mavric, and A. Ivanisevic. 2014. "Value Analysis as an Integral Part of New Product Development," **Procedia Engineering**, 69: 90-98.
- Miles, L. D. 1989. **Techniques of Value Analysis and Engineering**. 3rd ed. Wisconsin: Lawrence D. Miles Value Foundation.
- Prasad, K., and S. Chakraborty. 2013. "A Quality Function Deployment-Based Model for Materials Selection," **Materials & Design**, 49 (August): 525-535.

Unilever. 2014. ซันไลต์, Retrieved August 20, 2014, from website: <http://www.unilever.co.th/brands-in-action/detail/Sunlight/309595/>.

Zhanga, F., M.Yanga, and W. Liua. 2014. "Using Integrated Quality Function Deployment and Theory of Innovation Problem Solving Approach for Ergonomic Product Design", *Computers & Industrial Engineering*, 76 (October): 60-74.



>> **ธนิศ ศรีวระมย์**

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท MS. Industrials Engineering จาก University of New Haven, Connecticut U.S.A. ปี พ.ศ. 2539 ปริญญาตรี BS. Civil Engineering จาก University of Manila, Philippines. ปี พ.ศ. 2535 และปริญญาตรี คบ. (อุตสาหกรรมศึกษา ช่างก่อสร้าง) จากวิทยาลัยครูพระนคร ปี พ.ศ. 2532 จบ ปวส. (ช่างก่อสร้าง) จากวิทยาลัยศรีปทุม ปี พ.ศ. 2530

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งหัวหน้าหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล และนวัตกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



>> **ทีปกร คุณาพรวิวัฒน์**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยศรีปทุม ปี พ.ศ. 2540 จบ ปวส. (ช่างยนต์) จากวิทยาลัยศรีปทุม ปี พ.ศ. 2526

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกล และนวัตกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม



>> **ขวลิต มณีศรี**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี พ.ศ. 2546 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี พ.ศ. 2542

ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบเครื่องกลและนวัตกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม