



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศ โดยการมีส่วนร่วมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ จังหวัดนครศรีธรรมราช Application of quality function deployment technique in the development of nutmeg stirring machine by the participation of nutmeg processing community enterprises in Nakhon Si Thammarat province

บัณฑิตา โพธิ์พรมมี โปณะทอง* ยุทธศักดิ์ รอดแก้ว สุธาพร เกตุพันธ์ พงษ์พันธ์ ราชภักดี

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110

Banthita Poosabmee Ponatong* Yuttasak Rodkaew Suthaporn Getpun Pongpun Rachapukdee

Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat 80110

* Corresponding author.

E-mail: Banthita.p@rmuts.ac.th; Telephone: 0 85415 9888

วันที่รับบทความ 21 ตุลาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 21 พฤศจิกายน 2564; วันที่ตอบรับบทความ 26 พฤศจิกายน 2564

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วน
ของบ้านแห่งคุณภาพร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อสอบถามความต้องการเครื่องกวนจันทน์เทศจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูป
ผลจันทน์เทศ และเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวนจันทน์เทศ โดยการพิจารณาถึงคุณสมบัติจันทน์เทศที่ผ่านการกวนด้วยเครื่อง ซึ่งผล
จากการทดสอบโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนที่บ้านแห่งคุณภาพ พบว่าปัจจัยที่เป็นที่ต้องการในการ
ออกแบบเครื่อง ได้แก่ ลักษณะการใช้งาน ความปลอดภัย ผลผลิตที่ผ่านการกวนจากเครื่องถูกตามหลักอนามัย และรูปทรง หลังจากนั้นนำ
หลักการทางวิศวกรรมออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ พร้อมทั้งหาความเร็วรอบที่เหมาะสม 5 ระดับ ได้แก่ 50, 55, 60, 65, 70 รอบ
ต่อนาที ตามลำดับ โดยผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และการ
เปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Method พบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 65 รอบต่อนาที ส่งผลให้ระยะเวลาในการกวนด้วย
เครื่องเท่ากับ 296 นาที (4.93 ชั่วโมง) สามารถช่วยลดระยะเวลาในการกวนลง 38.33 % และเมื่อนำจันทน์เทศกวนไปทดสอบคุณสมบัติ พบว่า
การทดสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น มีค่าเท่ากับ 129.11 N, 43,200 in cP, 0.476, 18.04 % ตามลำดับ
ซึ่งคุณสมบัติของจันทน์เทศกวนที่ผ่านการกวนด้วยเครื่องเป็นไปตามคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และจากการนำเครื่องไปใช้งาน
พบว่าความพึงพอใจเท่ากับ 96.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเครื่องกวนจันทน์เทศนี้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาจากการทำงานแบบมีส่วนร่วมของกลุ่ม
วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ ดังนั้นเครื่องจึงมีความเหมาะสมและตอบสนองตรงตามความต้องการของชุมชนอย่างแท้จริง

คำสำคัญ

จันทน์เทศกวน เครื่องกวนจันทน์เทศ การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ บ้านแห่งคุณภาพ

Abstract

The purpose of this article is to design and develop a nutmeg stirring machine by applying the Quality Function Deployment Technique in the House of Quality together with the Participatory Action Research (PAR) to inquire about the need for nutmeg stirring machines from community enterprises and to find the optimum conditions for nutmeg stirring by considering the properties of the preserved nutmeg. The results of testing by applying the Quality Function Deployment Technique were showed in the house of quality section. The factors required in the design of the machine were: the characteristics of use, safety, the stirred products from the machine with hygiene and shape. After that, the engineering principles were applied to design and build the nutmeg stirring machine and find the suitable speed of rotation. The five-levels of rotation speed were 50, 55, 60, 65, 70 rpm, respectively as a result of one-way ANOVA at a significance level of 0.05 and a multiple comparison of the Tukey Method. The New Multiple Range Test found that the optimum rotation speed was 65 rpm, resulting in a stirring time of 296 minutes (4.93 hours). The stirring time was reduced by 38.33%, and when the preserved nutmeg was tested their properties, it was found that the pressure, texture, viscosity, free water content and moisture test were 129.11 N, 43,200 in cP, 0.476, 18.04%, respectively. The properties of the preserved nutmeg satisfied the community product standards. Moreover, according to the real appliance, the satisfaction level was at 96.36%. The nutmeg stirring machine was designed and built through the cooperative work of the Nutmeg Fruit Processing Community Enterprise Group, so the machine is suitable and meets the needs of the community truly.

Keywords

preserved nutmeg; nutmeg stirring machine; participatory action research; quality function deployment; house of quality

1. บทนำ

ต้นจันทน์เทศเป็นพืชสมุนไพรวงศ์ Myristicaceae มีถิ่นกำเนิดจากหมู่เกาะบันดา ประเทศอินโดนีเซีย และพบว่าจันทน์เทศ (Nutmeg) แสดงดังรูปที่ 1 มีสรรพคุณที่เป็นประโยชน์ทางการแพทย์มากมาย เช่น บำรุงโลหิต รักษาอาการปวดหัว แก้อาการผิดปกติในทางเดินอาหาร แก้อาการปวดไต และกระเพาะอาหาร แก้อ่อน แก้กลิ่นไส้ ช่วยขับลม อีกทั้งยังช่วยให้กลิ่นปากสะอาด



รูปที่ 1 เมล็ดจันทน์เทศ

ในประเทศไทยมีการปลูกจันทน์เทศในจังหวัดกระบี่ ชุมพร พังงา และนครศรีธรรมราช เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต โดยในจังหวัดนครศรีธรรมราช ปลูกมากในตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ ที่มีการปลูกจันทน์เทศตั้งแต่รุ่นบรรพบุรุษ ซึ่งจันทน์เทศมีแนวโน้มจะสูญหายจากท้องถิ่น เนื่องจากการพัฒนาและขยายตัวทางเศรษฐกิจของพืชชนิดอื่นๆ ทำให้เป็นพืชที่ถูกมองข้าม ซึ่งส่วนใหญ่มักจะปลูกแซมอยู่ในสวนผลไม้อื่น ๆ ดังนั้นทางกรมวิชาการเกษตรจึงนำเสนอให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตจันทน์เทศไว้ว่าจะเป็นการพัฒนาการปลูกเทคโนโลยีการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมเพื่อเป็นการช่วยในการผลักดันจันทน์เทศเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ [1]

เช่นเดียวกับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศตำบลร่อนพิบูลย์ อำเภอร่อนพิบูลย์ มีสมาชิกจำนวน 60 คน มีการนำผลจันทน์เทศมาแปรรูป ได้แก่ ลูกจันทน์กวน 3 รส เยลลี่แห้ง ลูกจันทน์เส้น น้ำลูกจันทน์ และชาจันทน์เทศ พบว่าหนึ่งในผลิตภัณฑ์จากจันทน์เทศที่ได้รับความนิยมและสามารถรับประทานได้ง่าย คือ จันทน์เทศกวน โดยจากการลงพื้นที่กลุ่ม

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ เพื่อศึกษากระบวนการในการกวนจันทน์เทศ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำผลจันทน์เทศสดมาปอกเปลือก และแช่น้ำเกลือไว้ประมาณ 1 คืน เพื่อให้ยางจากจันทน์เทศออก

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากแช่น้ำเกลือไว้ 1 คืนแล้วให้นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ

ขั้นตอนที่ 3 นำจันทน์เทศที่หั่นแล้วมาต้มในน้ำสะอาดเป็นระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อครบตามระยะเวลานำมาสะเด็ดน้ำ

ขั้นตอนที่ 4 นำจันทน์เทศที่ผ่านการต้มมากวนในกระทะ พร้อมทั้งให้ความร้อนอุณหภูมิปานกลาง เพื่อไม่ให้เนื้อจันทน์เทศไหม้

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อระยะเวลาผ่านไปประมาณ 2 ชั่วโมง เริ่มสังเกตเนื้อจันทน์เทศเริ่มละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน ให้ค่อยๆ ใส่ น้ำตาลลงไป

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อระยะเวลาผ่านไปอีกประมาณ 2 ชั่วโมง ค่อยๆ ใส่เบะแซลงไป

ขั้นตอนที่ 7 ทำการกวนจันทน์เทศไปเรื่อย ๆ จนเป็นเนื้อเดียวกันและแห้งสามารถปั้นเป็นก้อนได้ ปล่อยให้จันทน์เทศกวนเย็นตัวลง

ขั้นตอนที่ 8 นำน้ำตาลใส่ลงในภาตสแตนเลสเพื่อป้องกันไม่ให้จันทน์เทศกวนติดภาตสแตนเลส นำเนื้อจันทน์เทศลงไป ในภาตสแตนเลสพร้อมทั้งคลุกเคล้ากับน้ำตาล

ขั้นตอนที่ 9 ปั้นจันทน์เทศกวนเป็นก้อนๆ และตัดเป็นทรงลูกเต๋าด้านหน้าพอดีคำ แสดงดังรูปที่ 2 และบรรจุลงในภาชนะ



รูปที่ 2 จันทน์เทศกวนตัดเป็นทรงลูกเต๋าด้านหน้าพอดีคำ

จากการศึกษากระบวนการในการผลิตจันทน์เทศนั้น ทางคณะผู้วิจัยพบว่ากระบวนการเกิดความล่าช้าในกระบวนการกวนจันทน์เทศ เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาถึง 480 นาที (8

ชั่วโมง) และต้องใช้แรงงานคนคอยกวนตลอดเวลา เพื่อไม่ให้เนื้อจันทน์เทศไหม้

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงทำการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมกับวิสาหกิจชุมชน (Participatory Action Research; PAR) เพื่อศึกษาความต้องการเครื่องกวนจันทน์เทศจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ จังหวัดนครศรีธรรมราช หลังจากนั้นจึงทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวนจันทน์เทศด้วยเครื่องกวนจันทน์เทศ โดยการทดสอบความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนจันทน์เทศ เพื่อช่วยในการลดระยะเวลาในการกวน อีกทั้งพิจารณาคุณสมบัติของจันทน์เทศกวนให้มีความเหมาะสม โดยคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ การสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น ซึ่งทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่มีมาตรฐาน เพื่อให้จันทน์เทศที่ได้จากการกวนมีคุณภาพถูกต้องตามหลักอนามัย

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) ถือเป็นวิธีการที่ใช้ในการออกแบบและพัฒนาเพื่อตอบสนองให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน [2] โดยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเป็นมากกว่าการออกแบบ เนื่องจากช่วยในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการ [3] ซึ่งมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ด้วยการจัดการสนทนากลุ่มโดยผู้เชี่ยวชาญและทำการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ที่ผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าและสร้างจุดเด่นที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ [4] และมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาวิสาหกิจชุมชนเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพบว่าความต้องการของลูกค้าพิจารณาจากเอกลักษณ์ความเป็นไทย วัสดุไม่เป็นอันตราย ความสวยงามและทันสมัย ราคาที่เหมาะสม เอกลักษณ์ท้องถิ่น และรูปแบบที่มีความหลากหลาย [5] ซึ่งมีการนำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาสื่อกระบอกไม้ไผ่ เพื่อเก็บรวบรวมความต้องการของ

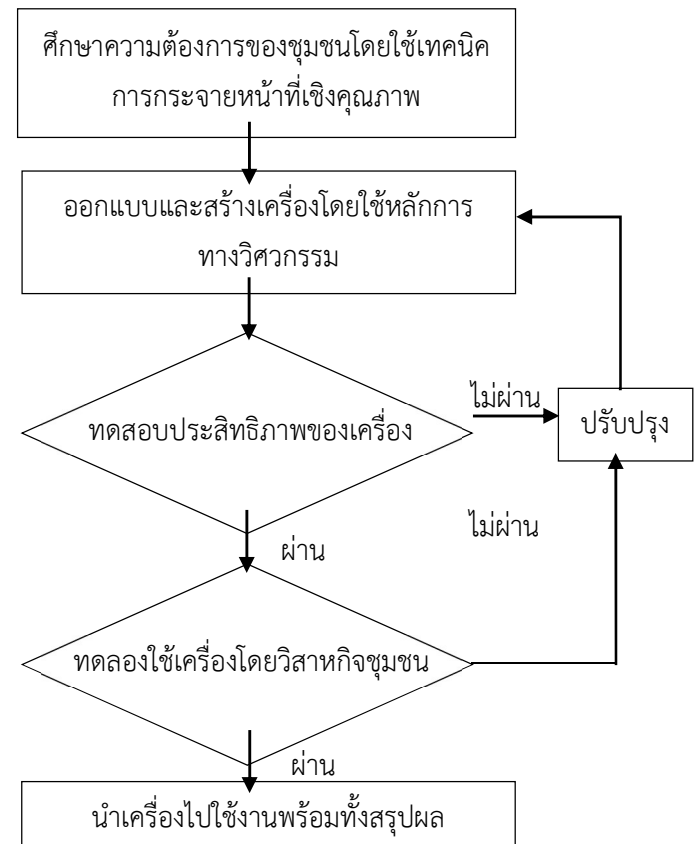
ผู้ใช้งานที่มีต่อเครื่องจักรและถ่ายทอดความต้องการให้เป็นคุณลักษณะเชิงเทคนิคของเครื่องจักร พบว่าคุณลักษณะเชิงเทคนิคที่มีระดับความสำคัญสูงสุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย มีระดับความดังของเสียงเหมาะสม และมีปริมาณฝุ่นลดลง [6] และการพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูกเบี้ยวเยื้องศูนย์สำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย จังหวัดสุรินทร์ โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพทั้ง 4 เฟส ได้แก่ การวางแผนผลิตภัณฑ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ การวางแผนกระบวนการ และการวางแผนควบคุมกระบวนการ [7] หรือแม้กระทั่งในทางกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อโคขุนก็มีการนำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าและเพิ่มมูลค่าสินค้าเพื่อส่งเสริมผลิตภัณฑ์ท้องถิ่นให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน [8] และเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพยังมีการนำไปใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทางธุรกิจกล้วยพารา และพบว่าสามารถเชื่อมโยงความต้องการของลูกค้าไปสู่แผนการปฏิบัติงานจริงช่วยให้มั่นใจว่าขั้นตอนในการปฏิบัติงานต่าง ๆ มีส่วนช่วยตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างแท้จริง [9]

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research; PAR) เป็นการดำเนินงานหรือแก้ปัญหาโดยใช้หลักการความสัมพันธ์ (Relationship) หลักการสื่อสาร (Communication) หลักการมีส่วนร่วม (Participation) และหลักการร่วมมือ (Inclusion) [10] โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นการสนับสนุนให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน [11] ในงานวิจัยส่วนใหญ่มีการประยุกต์หลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไปใช้เพื่อออกแบบเครื่องมือและพัฒนากระบวนการในการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

3. วิธีวิจัย

กระบวนการในการวิจัยนี้เริ่มจากการสอบถามความต้องการจากวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศ เพื่อให้เครื่องที่ออกแบบและพัฒนาตรงตามความต้องการของผู้ใช้โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนของบ้านคุณภาพ หลังจากนั้นออกแบบและสร้างเครื่องด้วยหลักการทางวิศวกรรมพร้อมทั้งทดสอบปัจจัยที่ส่งผลต่อ

ระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศโดยวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งในกระบวนการในการดำเนินงานอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างคณะผู้วิจัยและวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศซึ่งเป็นการทำงานร่วมกันตามหลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.1 การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการสอบถามความต้องการพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศ

เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนของบ้านคุณภาพนำมาแปรความต้องการของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศ เพื่อปรับปรุงกระบวนการในการกวนจันทน์เทศ โดยประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ความต้องการของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศ ที่ส่งผลต่อกระบวนการในการกวนจันทน์เทศ โดยการสอบถามข้อมูลจากกลุ่มตัวแทนผู้ผลิตจันทน์เทศกวนที่ทำการผลิตจันทน์เทศกวน เพื่อจัดจำหน่าย เนื่องจากเป็นผู้ที่มี

ประสบการณ์และสามารถให้ข้อมูลตรงตามลักษณะการใช้งานจริง

2. ข้อกำหนดทางเทคนิค (Technical Requirement) โดยการกำหนดเทคนิคในการออกแบบเพื่อตอบสนองให้ตรงตามความต้องการใช้งาน

3. เมทริกซ์ความสัมพันธ์ (Relationship) โดยการกำหนดตัวเลขแทนความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการและข้อกำหนดทางเทคนิคในการออกแบบ ซึ่งมี 3 ตัวเลข คือ “1” หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับน้อย “3” หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับปานกลาง และ “9” หมายถึง ความสัมพันธ์ระดับมาก

4. ความสัมพันธ์ทางเทคนิค (Technical Correlation) เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดทางเทคนิคแต่ละข้อ ซึ่งมีสัญลักษณ์ดังนี้ “●” หมายถึง ข้อกำหนดทางเทคนิคคู่ นั้นสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ส่วน “○” หมายถึง ข้อกำหนดทางเทคนิคคู่ นั้นสัมพันธ์ในทางขัดแย้งกัน

5. ลำดับของความสำคัญของความสัมพันธ์ (Priority Relationships) ในส่วนนี้ประกอบด้วย ระดับน้ำหนัก (Raw score) และระดับความสำคัญ (Priority)

6. เป้าหมายทางด้านเทคนิค (Technical goals) โดยการกำหนดเพื่อให้สอดคล้องระหว่างความต้องการของวิสาหกิจชุมชนกับข้อกำหนดทางเทคนิคที่ออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ

จากการสอบถามความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพแล้วนั้น สามารถนำมาออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศโดยอาศัยหลักการทางวิศวกรรม โดยพิจารณาวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่อง โดยส่วนประกอบของเครื่องประกอบด้วยมอเตอร์ พูลเลย์ สายพาน เกียร์ทด เครื่องปรับความเร็วรอบ กระทะกวน ใบกวน เป็นต้น

3.3 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการกวนจันทน์เทศ

ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกวนจันทน์เทศทางกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและทางคณะผู้วิจัยทำการระดมความคิด โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศ โดยความเร็วรอบทั้งหมด

5 ระดับ ได้แก่ 50, 55, 60, 65, 70 รอบต่อนาที หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบแต่ละระดับว่าส่งผลต่อระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\alpha = 0.05$) หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Method ต่อไป

3.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติของจันทน์เทศกวน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของอาหารถือว่ามีความสำคัญเช่นเดียวกับจันทน์เทศที่ผ่านการกวน โดยพบว่าคุณลักษณะทางกายภาพที่ทดสอบได้โดยการตรวจพินิจ ได้แก่ สี กลิ่น กลิ่นรส และสิ่งแปลกปลอม และคุณลักษณะทางเคมีที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อผลไม้กวน คือ ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี ซึ่งค่าดังกล่าวจะต้องไม่เกิน 0.85 เนื่องจากค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต ดังนั้นค่าดังกล่าวช่วยในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลไม้กวน ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษา [12] ดังนั้นในงานวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติของจันทน์เทศกวน ได้แก่ การสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น

3.5 การมีส่วนร่วม การนำไปใช้ และความพึงพอใจ

ในงานวิจัยนี้อาศัยการทำงานวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมระหว่างกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศกับคณะผู้วิจัย โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษากระบวนการในการผลิตจันทน์เทศกวน หลังจากการนั้นทำการสรุปแนวทางในการดำเนินการเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศ เพื่อทำการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ หลังจากนั้นนำเครื่องกวนจันทน์เทศไปใช้ในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขให้ตรงตามความต้องการอีกครั้ง ตลอดจนทำการศึกษาถึงความพึงพอใจของผู้ใช้โดยการพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพ ลักษณะการใช้งาน และการบำรุงรักษาต่อไป

4. ผลการวิจัย

ในส่วนของผลการวิจัยทางคณะผู้วิจัยทำการทดสอบผลการวิจัยโดยเริ่มจากเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการสอบถามความต้องการพัฒนาเครื่องกวน ผลจากการ

ออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกวนจันทน์เทศ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของจันทน์เทศกวน ตลอดจนผลจากการมีส่วนร่วม การนำไปใช้ และความพึงพอใจของผู้ใช้ แสดงดังต่อไปนี้

4.1 เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในการสอบถามความต้องการพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศ

การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพซึ่งเป็นการแปลความต้องการของวิสาหกิจชุมชนไปสู่การออกแบบเครื่องกวนจันทน์เทศ โดยทางคณะผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนของบ้านแห่งคุณภาพ (House of quality) เพื่อคัดเลือกข้อกำหนดทางเทคนิคที่ได้ไปออกแบบและพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศให้สามารถตอบสนองตรงตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชน โดยการสอบถามจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ซึ่งใช้แบบสอบถามแบบปลายเปิด (Open-ended questions) ซึ่งแสดงดังบ้านแห่งคุณภาพในรูปที่ 4 ซึ่งพบว่าความต้องการของวิสาหกิจแปรรูปจันทน์เทศ ได้แก่ 1.เครื่องมีความสวยงาม 2.ขนาดกะทัดรัด 3.มีความแข็งแรงทนทาน 4.เครื่องสามารถปรับความเร็วรอบได้ 5.ใบกวนมีอุปกรณ์กวาดด้านข้างกระทะในการกวน เพื่อป้องกันการไหม้ติดกระทะ 6.สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก 7.สามารถทำความสะอาดตัวเครื่องได้ง่าย 8.อุปกรณ์สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย 9.มีความปลอดภัยในการใช้งาน 10.ใบกวนมีความปลอดภัย 11.ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการกวนจากเครื่องถูกตามหลักอนามัย 12.สามารถซ่อมแซมอุปกรณ์ได้ง่าย 13.เครื่องสามารถใช้งานได้ง่าย 14.วัสดุที่ใช้ถูกต้องตามหลักอนามัย ซึ่งพิจารณาความต้องการของผู้ใช้โดยทำการความเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับเทคนิคในการออกแบบต่อไป

4.2 ผลจากการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ

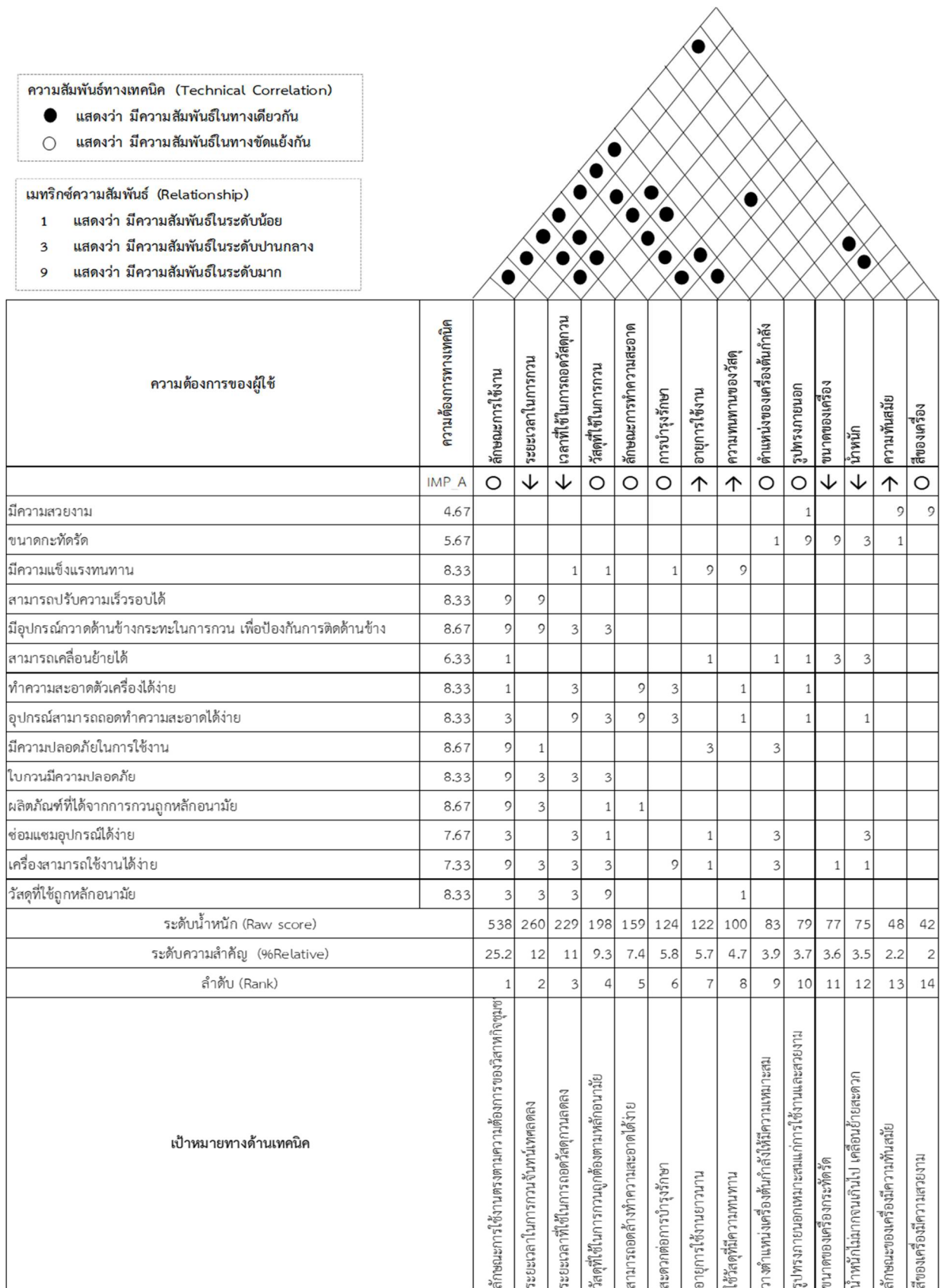
ในการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศอาศัยผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนของบ้านแห่งคุณภาพ พบว่าความต้องการของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศเรียงตามลำดับความต้องการ ได้แก่ 1.ลักษณะการใช้งานตรงตามความต้องการ 2.ระยะเวลาที่ใช้ในการกวนจันทน์เทศลดลง 3.ระยะเวลาที่ใช้ในการถอดวัสดุกวน

ลดลง 4.วัสดุที่ใช้ในการกวนถูกต้องตามหลักอนามัย 5.สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย 6.สะดวกต่อการบำรุงรักษา 7.อายุการใช้งานยาวนาน 8.ใช้วัสดุที่มีความคงทน 9.วางตำแหน่งเครื่องต้นกำลังอย่างเหมาะสม 10.รูปทรงภายนอกเหมาะสมแก่การใช้งานและสวยงาม 11.ขนาดของเครื่องกะทัดรัด 12.น้ำหนักไม่มากจนเกินไปและเคลื่อนย้ายสะดวก 13.ลักษณะของเครื่องมีความทันสมัย 14.สีของเครื่องมีความสวยงาม ซึ่งมีระดับน้ำหนักเท่ากับ 538, 260, 229, 198, 159, 124, 122, 100, 83, 79, 77, 75, 48, 42 ตามลำดับ หลังจากนั้นนำความต้องการมาออกแบบร่วมกับหลักการทางวิศวกรรม ซึ่งแสดงเครื่องที่ออกแบบดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เครื่องกวนจันทน์เทศที่ได้จากการออกแบบ

เครื่องที่ได้จากการออกแบบประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1/2 แรงม้า มอเตอร์เกียร์ 1:50 พูเลย์ ขนาด 2.5 นิ้ว พูเลย์ขนาด 4 นิ้ว สายพานร่อน B เบอร์ 46 อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ และกระทะสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้ว หนา 6.0 มิลลิเมตรซึ่งสามารถกวนจันทน์เทศได้สูงสุด 10 กิโลกรัม หลังจากนั้นทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวนจันทน์เทศต่อไป



รูปที่ 4 บ้านแห่งคุณภาพในการออกแบบและพัฒนาเครื่องกวนจันทน์เทศ

4.3 สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกวนจันทน์เทศ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ เพื่อนำเครื่องดังกล่าวไปใช้ในกระบวนการกวนจันทน์เทศ ทางคณะผู้วิจัยจึงทำการการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบเวลาในการกวนจันทน์เทศนั่นก็คือ ความเร็วรอบในการกวนจันทน์เทศ ซึ่งความเร็วรอบที่ทำการทดสอบมี 5 ระดับ ได้แก่ 50, 55, 60, 65, 70 รอบต่อนาที (Revolutions per minute; rpm) โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำ แสดงผลจากการทดสอบดังตารางที่ 1 และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลเบื้องต้นพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) แสดงตารางที่ 2 และทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 3 ซึ่งสมมติฐานแสดงดังต่อไปนี้

$$H_0: \mu_{50} = \mu_{55} = \mu_{60} = \mu_{65} = \mu_{70}$$

$$H_1: \text{มีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ไม่เท่ากัน}$$

โดย

μ_{50} คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่ 50 rpm

μ_{55} คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่ 55 rpm

μ_{60} คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่ 60 rpm

μ_{65} คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่ 65 rpm

μ_{70} คือ ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่ 70 rpm

ตารางที่ 1 ระยะเวลาเฉลี่ยในการกวนแต่ละความเร็วรอบ

ความเร็วรอบ (rpm)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการกวน (นาที)			
	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
50	370	410	391	390.33
55	357	338	372	355.67
60	345	362	315	340.67
65	290	311	287	296.00
70	275	283	248	268.67

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Source	DF	SS	MS	F	P-Value
rpm	4	27,990	6,998	19.83	0.00
Error	10	3,529	353		
Total	14	31,519			

จากตารางที่ 2 พบว่าผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบแต่ละระดับกับระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศ พบว่าค่า P-value มีค่าเท่ากับ 0.00 แสดงว่าความเร็วรอบในการกวนจันทน์เทศแต่ละระดับส่งผลให้ระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จึงทำการทดสอบเปรียบเทียบพหุคูณต่อเพื่อทดสอบความแตกต่างของความเร็วยรอบแต่ละคู่ แสดงผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ

ความเร็วรอบ (rpm)	ระยะเวลาเฉลี่ยในการกวน (นาที)
50	390.33±20.01 ^a
55	355.67±17.04 ^a
60	340.67±23.80 ^{a,b}
65	296.00±13.08 ^{b,c}
70	268.67±18.34 ^c

จากตารางที่ 3 ผลจากการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ด้วยวิธี Tukey Method โดยใช้ a, b, c ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงความแตกต่างทางสถิติค่าเฉลี่ยของระยะเวลาในการกวนในแต่ละความเร็วที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศที่น้อยที่สุด คือความเร็วรอบที่ 65 และ 70 รอบต่อนาที ซึ่งทั้งสองความเร็วรอบนี้ระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงนำความเร็วรอบทั้งสองค่านี้มาทำการพิจารณาร่วมกับกระบวนการในการกวนจันทน์เทศ พบว่าความเร็วรอบที่ 70 เมื่อทำการกวนจันทน์เทศเสร็จแล้วจะมีเนื้อจันทน์เทศเพียงเล็กน้อยไหมติดกระทะ ในขณะที่ความเร็วรอบที่ 65 รอบต่อ

นาที่ ไม่มีเนื้อจันทน์เทศกวนใหม่ติดกระทะ ซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการทำความสะดวกส่วนของกระทะต่อไป ดังนั้นพบว่าความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดในการกวน คือ 65 รอบต่อนาที โดยใช้ระยะเวลาในการกวนเฉลี่ย 296.00 นาที (4.93 ชั่วโมง) แสดงผลจากการกวนจันทน์เทศที่ความเร็วรอบดังกล่าวดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 จันทน์เทศกวนที่ความเร็วรอบ 65 รอบต่อนาที

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของจันทน์เทศกวน

ในการทดสอบคุณสมบัติของจันทน์เทศกวนนั้น โดยการพิจารณาคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ การสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น โดยในการทดสอบได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่มีมาตรฐาน โดยในการทดสอบเนื้อสัมผัสแบบการทดสอบแรงกด (Compression Test) ทดสอบด้วยเครื่อง Texture Analyzer ยี่ห้อ Lloyd Instruments รุ่น LR 5K ดังรูปที่ 7 ความหนืดทดสอบด้วยเครื่อง Rheometer ยี่ห้อ Thermo scientific รุ่น HAKKE MAR60 แสดงการทดสอบดังรูปที่ 8 ส่วนปริมาณน้ำอิสระ (Water activity; Aw) ทดสอบด้วยเครื่อง Water Activity ยี่ห้อ Aqua Lab รุ่น Aw CX3 และความชื้นทดสอบด้วยเครื่อง Hot air oven ยี่ห้อ Binder รุ่น WTC ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4

ผลจากการนำจันทน์เทศกวนที่ผ่านการกวนด้วยเครื่องกวนที่สร้างขึ้นไปทดสอบพบว่า การสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น มีค่าเท่ากับ 129.11 N, 43,200 in cP, 0.476, 18.04 % ตามลำดับ ซึ่งคุณสมบัติของจันทน์เทศกวนที่ผ่านการกวนด้วยเครื่องเป็นไปตามคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของจันทน์เทศกวน

คุณสมบัติ	ระยะเวลาเฉลี่ยในการกวน (นาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
การทดสอบแรงกดเนื้อสัมผัส (N)	120.73	122.57	144.02	129.11
ความหนืด (in cP)	43,130	44,770	41,700	43,200
ปริมาณน้ำอิสระ	0.486	0.469	0.473	0.476
ความชื้น (%)	18.03	18.13	17.98	18.04



รูปที่ 7 การทดสอบเนื้อสัมผัสแบบแรงกด



รูปที่ 8 การทดสอบความหนืด

4.5 ผลจากการมีส่วนร่วม การนำไปใช้ และความพึงพอใจ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนากระบวนการในการกวนจันทน์เทศ เพื่อช่วยในการลดระยะเวลาในการกวน ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมระหว่างคณะผู้วิจัยและวิสาหกิจชุมชนแปรรูปจันทน์เทศ โดยแสดงความร่วมมือหน้าที่ และความรับผิดชอบ ตามตารางที่ 5 ซึ่งแสดงรายละเอียดตั้งแต่ การออกแบบและสร้างเครื่อง การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวน การนำเครื่องไปใช้ และการติดตามผล และทำการสอบถามความพึงพอใจจากการนำเครื่องกวนจันทน์เทศไปใช้ โดยการพิจารณาจาก 1.ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ เครื่องมีความสวยงามและกะทัดรัด เครื่องมีความคงทน การออกแบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน การออกแบบและสร้างชิ้นส่วนมีความแข็งแรง 2.ลักษณะการใช้งาน ได้แก่ มีความสะดวกในการใช้งาน ประหยัดเวลาในการทำงาน มีความปลอดภัยการใช้งาน เครื่องสามารถรองรับผลผลิต และ 3.การบำรุงรักษา ได้แก่ เครื่องง่ายต่อการบำรุงรักษา เมื่อชิ้นส่วนชำรุดสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนได้ง่าย สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจากการใช้เครื่องเท่ากับ 96.36 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 5 การมีส่วนร่วมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและคณะผู้วิจัย

ขั้นตอน	ผู้ความรับผิดชอบ	
	วิสาหกิจชุมชน	คณะผู้วิจัย
การออกแบบและสร้างเครื่อง		
1. กำหนดความต้องการและคุณลักษณะของเครื่อง	✓	✓
2. ออกแบบและสร้างเครื่องกวนให้ตรงกับความต้องการของวิสาหกิจชุมชน		✓
การทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวน		
3. ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของจันทน์เทศกวน	✓	

ตารางที่ 5 การมีส่วนร่วมของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและคณะผู้วิจัย (ต่อ)

ขั้นตอน	ผู้ความรับผิดชอบ	
	วิสาหกิจชุมชน	คณะผู้วิจัย
4. ออกแบบการทดลอง และทดสอบเครื่องกวนจันทน์เทศ		✓
การนำเครื่องไปใช้ และติดตามผล		
5. นำเครื่องกวนไปใช้ในการกวนจันทน์เทศ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุง	✓	
6. ติดตามผลจากการใช้เครื่องกวนจันทน์เทศ พร้อมทั้งปรับปรุงเครื่องกวนจันทน์เทศตามข้อเสนอแนะ		✓
7. การร่วมกันระดมความคิดในการออกแบบเครื่อง	✓	✓
8. การร่วมกันทดลองและตรวจสอบผลจากการกวน	✓	✓
9. การร่วมกันแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำวิจัย	✓	✓

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการปรับปรุงกระบวนการในส่วนของการลดระยะเวลาในการกวนจันทน์เทศ โดยเริ่มจากการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนที่บ้านแห่งคุณภาพร่วมกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เพื่อศึกษาความต้องการในการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ หลังจากนั้นใช้หลักการทางวิศวกรรมในออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ เพื่อให้ตรงตามลักษณะการใช้งาน ความปลอดภัย เครื่องถูกตามหลักอนามัย รูปทรง เป็นต้น หลังจากนั้นทำการหาความเร็วรอบที่เหมาะสม 5 ระดับ ได้แก่ 50, 55, 60, 65, 70 รอบต่อนาที และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และทำการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tukey Method พบว่าใช้ระยะเวลาในการกวนด้วยเครื่อง

เท่ากับ 296 นาที (4.93 ชั่วโมง) โดยความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดที่ส่งผลให้ระยะเวลาในการกวนน้อยที่สุดเท่ากับ 65 รอบต่อนาที สามารถช่วยลดระยะเวลาในการกวนลง 38.33 % เมื่อนำจันทน์เทศกวนด้วยเครื่องไปทดสอบคุณสมบัติ พบว่าการทดสอบแรงกดเนื้อสัมผัส ความหนืด ปริมาณน้ำอิสระ และความชื้น มีค่าเท่ากับ 129.11 N, 43,200 in cP, 0.476, 18.04 % ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคุณสมบัติของจันทน์เทศกวนดังกล่าวเป็นไปตามคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน และจากการสอบถามความพึงพอใจจากการนำเครื่องกวนจันทน์เทศไปใช้ โดยการพิจารณาจาก 1.ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ เครื่องมีความสวยงามและกะทัดรัด เครื่องมีความคงทน การออกแบบมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน การออกแบบและสร้างขึ้นส่วนมีความแข็งแรง 2.ลักษณะการใช้งาน ได้แก่ มีความสะดวกในการใช้งาน ประหยัดเวลาในการทำงาน มีความปลอดภัยการใช้งาน เครื่องสามารถรองรับผลผลิต และ 3.การบำรุงรักษา ได้แก่ เครื่องง่ายต่อการบำรุงรักษา เมื่อชิ้นส่วนชำรุดสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนได้ง่าย สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยความพึงพอใจจากการใช้เครื่องเท่ากับ 96.36 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นไปตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชนอย่างแท้จริง

6. อภิปรายผลการวิจัย

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของคนในชุมชน โดยกระบวนการในการผลิตยังคงอาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งในกระบวนการกวนจันทน์เทศยังคงอาศัยแรงงานคนในการกวนเป็นหลัก ดังนั้นในการออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ เพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชนโดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพในส่วนของบ้านแห่งคุณภาพร่วมกับการมีส่วนร่วมของชุมชนนำมาต่อยอด เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกวนจันทน์เทศ และอาศัยหลักการทางสถิติเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการกวนจันทน์เทศโดยพิจารณาจากความเร็วรอบที่เหมาะสมในการกวนซึ่งส่งผลต่อระยะเวลาในการกวนเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ต่อไป อีกทั้งยังให้ความสำคัญกับคุณสมบัติของจันทน์เทศหลังจากผ่านการกวนด้วยเครื่องมีความเหมาะสมและเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์จันทน์เทศกวน เพื่อ

ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลจันทน์เทศ จังหวัดนครศรีธรรมราช รวมถึงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ให้การสนับสนุนและความสะดวกในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมคิด ดำน้อย. กรมวิชาการเกษตรกร. เข้าถึงได้จาก: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2199> [เข้าถึงเมื่อ 21 กันยายน 2564]
- [2] Francis F. Engineering approach with quality function deployment for an ABET accredited program: a case study. *American Journal of Mechanical Engineering*. 2016; 4(2): 65-70.
- [3] Erdil NO. and Arani OM. Quality function deployment: more than a design tool. *International Journal of Quality and Service Sciences*. 2019; 11(2): 142-166. Available from: <https://doi.org/10.1108/IJQSS-02-2018-0008> [Accessed 23th September 2021].
- [4] ชาคิต ศรีทอง, อริกา ศรีทอง. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์: กรณีศึกษาการออกแบบเก้าอี้สำนักงาน. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*. 2559; 6(2): 111-124.
- [5] สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์, ชาทรี หอมเขียว, วรพงศ์ บุญช่วยแทน จักรนรินทร์ ฉัตรทอง, มุhammad เตะยอ. การประยุกต์ใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา กรณีศึกษา วิสาหกิจชุมชนเครื่องปั้นดินเผาในจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*. 2563; 12(1): 106-119.
- [6] สร้อยจิน จิตรม้น, จิตพร ชัยบ้านกุด, ภัทณีย์ แจ่มไสบัญชา อริยะจรรยา, โรสมารินทร์ สุขเกษม, ฤกษ์วัลย์ จันทรส. การพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ด้วยหลักการยศาสตร์และเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*. 2564; 28(2): 100-115.

- [7] ปัทมาพร ท่อชู, วิทยา อินทร์สอน, ภาณุเมศวร์ สุขศรีศิริ
วัชร. การประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่ทาง
คุณภาพเพื่อพัฒนาเครื่องอัดเม็ดยาสมุนไพรแบบเพลาลูก
เบี้ยวยั่งยืนสำหรับชุมชนแพทย์แผนไทย จังหวัด
สุรินทร์. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.
2559; 6(1): 35-43.
- [8] ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย. การประยุกต์ใช้เทคนิคการ
กระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เนื้อโค
ขุน. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
อุบลราชธานี. 2563; 13(2): 149-155.
- [9] อัญชลี ศรีจันทร์, มณฑล ศาสนนันท์. การประยุกต์ใช้
เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพเพื่อปรับปรุง
กระบวนการทางธุรกิจ กรณีศึกษา: ธุรกิจกล้วยพารา.
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2560; 25(4): 714-
722.
- [10] Stringer E. Action Research. London: Sage
Publications Ltd; 2007.
- [11] Keahey J. Sustainable development and
participatory action research: a systematic
review. Systemic Practice and Action Research.
2021; 34: 291-306.
- [12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.35/2558: ผักและผลไม้กวน.
กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม; 2558.