

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่

Design and Fabrication of a Gummy Jelly Drop Prototype Machine

ธวัชรรัตน์ สัมฤทธิ์^{1*}, เมธาวี ไพศาลพิสุทธิ์², วิรงรอง สุพินะ³, พัทธราภรณ์ อินริราย⁴ และสุรินทรพร ชั่งไชย⁵

Thawanrat Sumrit^{1*}, Mathawee Phaisanphisut², Wirongrong Supeena³,

Patcharaporn Inrirai⁴ and Surintraporn Changchai⁵

^{1*,2,3,4,5}สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทรศัพท์: 0 5526 7080

E-mail: thawanrat1212@hotmail.com

^{1*,2,3,4,5}Agricultural and Food Engineering Faculty of Food and Agricultural Technology Pibulsongkram Rajabhat University

156 Moo 5, Phlai Chumphon Sub-District, Muang District, Phitsanulok, 65000 Tel. +66 5526 7080

E-mail: thawanrat1212@hotmail.com

วันที่รับบทความ 16 มกราคม 2562

Received: Jan. 16, 2019

วันที่รับแก้ไขบทความ 17 มิถุนายน 2562

Revised: Jun. 17, 2019

วันที่ตอบรับบทความ 18 กรกฎาคม 2562

Accepted: Jul. 18, 2019

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ เพื่อหาประสิทธิภาพและประเมินคุณภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับการหยอดกัมมี่เยลลี่เปรียบเทียบกับวิธีการหยอดด้วยมือ โดยมีสมมติฐานคือเครื่องต้นแบบต้องลดเวลาการทำงานในขั้นตอนการหยอด และสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ เครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่เป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ อาศัยการทำงานโดยผู้ใช้งาน ซึ่งเครื่องที่ออกแบบประกอบด้วยชุดโครงสร้างเครื่อง และโครงใส่ส่วนผสม การหยอดกัมมี่เยลลี่โดยใช้เครื่องต้นแบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ดีกว่าวิธีการทำงานแบบเดิมคิดเป็นร้อยละ 83.33 หรือลดเวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยจาก 16.08 นาที เหลือ 2.69 นาที มีกำลังการผลิตในการหยอดเพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 1 ชิ้นต่อครั้งเพิ่มเป็น 8 ชิ้นต่อการหยอดหนึ่งครั้ง เมื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพพบว่ากัมมี่เยลลี่ที่ได้จากเครื่องต้นแบบและการหยอดด้วยมือ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การประเมินคุณภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินโดยภาพรวมคุณภาพของเครื่องมีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้จึงกล่าวได้ว่าเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้งานและสามารถลดเวลาการทำงานได้

คำสำคัญ: กัมมี่เยลลี่, การหยอด, ประสิทธิภาพ, การประเมินคุณภาพ, เครื่องต้นแบบสำหรับหยอด

Abstract

The objective of this research was to design and construct a gummy jelly drop prototype machine and examine its efficiency and quality compared with the manual process. The assumption was that the prototype machine could reduce the working time of gummy jelly drop fabrication and increase production capacity. The gummy jelly drop prototype machine is semi-automatic involving work by a user. The machine consists of two parts: the machine structure and the ingredients frame.

The results showed that the use of the prototype machine could increase working efficiency by 83.33 percent compared with the manual process. The standard working time was reduced from 16.08 min to 2.69 min. The physical properties of the gummy jelly drops from the drop prototype machine and the manual process had a diameter and thickness with a significant difference ($p \leq 0.05$). A specialist carried out an estimation of the prototype machine's IOC. The overall quality of the machine was estimated at 0.82, the level that the research was set to achieve. Therefore, it is considered that the gummy jelly drop prototype machine can be used practically with a reduced working time.

keywords: gummy jelly, drops, efficiency, quality assessment, drop prototype machine

1. บทนำ

กัมมี่เยลลี่ (Gummy Jelly) เป็นผลิตภัณฑ์ลูกกวาดประเภทหนึ่ง ลักษณะของกัมมี่เยลลี่จะเป็นเจล มีความใส เนื้อสัมผัสเนียน และไม่หยาบสาก โดยส่วนมากทำมาจากน้ำตาลผลไม้ ผสมกับสารที่ทำให้ความหวาน และสารที่ทำให้เกิดเจล เช่น เจลาติน คาร์ราจีแนน กลูโคแมนแนน เป็นต้น อาจมีการผสมสี (Coloring agent) และการแต่งกลิ่นรสเข้าไป (Subhimart, S., 2000) ในขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่ในระดับครัวเรือนทั่วไป เริ่มจากนำแป้งข้าวโพดมาเกลี่ยในถาดอะลูมิเนียมให้ผิวหน้าเรียบเสมอกัน แล้วกดพิมพ์เป็นรูปที่ต้องการ อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำส่วนผสมที่จะทำกัมมี่เยลลี่ ได้แก่ ส่วนผสมให้ความหวาน สารก่อเจล น้ำผลไม้ และกลิ่นรสต่าง ๆ มาผสมให้เข้ากัน ผ่านการให้ความร้อน จนมีความข้นเหนียวพอเหมาะที่อุณหภูมิเหมาะสม และนำมาหยอดใส่พิมพ์แป้งข้าวโพดที่เตรียมไว้จากนั้นพักไว้ให้เย็นประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง จะได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่ (Ratchamanee, P., et al., 2017) (Food Network Solution, 2017) (Garrido, J.I., et al., 2015) จากกระบวนการดังกล่าว ในขั้นตอนการหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ลงในแม่พิมพ์แป้งต้องหยอดด้วยมืออย่างรวดเร็ว โดยผู้ใช้งานเพราะกัมมี่เยลลี่มีความหนืดสูง หากปล่อยให้เย็นนานเกินไปจะยากต่อการหยอดลงในแม่พิมพ์แป้ง ส่งผลให้ขั้นตอนต่อไปเกิดการรอกอยงาน เนื่องจากใช้เวลาในการหยอดนาน อีกทั้งสามารถหยอดส่วนผสมได้ต่อหลุมต่อ 1 ครั้ง จึงทำให้กำลังการผลิตกัมมี่เยลลี่ได้น้อย เพราะส่วนผสมของกัมมี่เยลลี่เมื่อปล่อยให้เย็นตัวจะทำให้ไม่สามารถหยอดลงในแม่พิมพ์แป้งได้อีก ซึ่งการหยอดด้วยมือเป็นวิธีดั้งเดิมที่มีมาช้านาน และยังคงพบใช้ในการทำกัมมี่เยลลี่ในปัจจุบัน อีกทั้งยังไม่พบการหยอดกัมมี่เยลลี่ด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ช่วยลดเวลาทำงานในท้องตลาดหรือเชิงพาณิชย์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ และหาประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ รวมถึงการประเมินดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยจะต้องลดเวลาและลดขั้นตอนการทำงานได้ ซึ่งผลที่คาดว่าจะได้รับสามารถนำเครื่องต้นแบบไปเผยแพร่แก่อุตสาหกรรมครัวเรือนหรือชุมชนเพื่อสร้างรายได้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่
- 2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่
- 2.3 เพื่อการประเมินดัชนีค่าความสอดคล้องของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่

3. ขอบเขตของการวิจัย

- 3.1 ขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่ดัดแปลงจากสูตรพื้นฐานของ Lee and Jackson
- 3.2 ผู้ใช้งานการหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่มีประสบการณ์การทำกัมมี่เยลลี่ไม่น้อยกว่า 1 ปี
- 3.3 ถาดแม่พิมพ์แบ่งข้าวโพดมาตรฐานมีขนาดกว้าง 345 มิลลิเมตร ยาว 475 มิลลิเมตร และสูง 50 มิลลิเมตร กัดหลุมสำหรับหยอดส่วนผสมด้วยหัวกดพิมพ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร แถวละ 8 หลุม จำนวน 12 แถว รวมทั้งหมด 96 หลุม

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 4.1 ได้เครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่
- 4.2 สามารถนำไปเผยแพร่แก่อุตสาหกรรมครัวเรือน วิสาหกิจชุมชน หรือบุคคลที่สนใจทำกัมมี่เยลลี่เพื่อสร้างรายได้

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 ศึกษาขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่

กัมมี่เยลลี่ตามสูตรที่ดัดแปลงจากสูตรพื้นฐานของ Lee and Jackson มีส่วนประกอบ คือ เจลาติน 250 Bloom น้ำอุ่น น้ำตาลซูโครส กลูโคสไซรัป น้ำเย็น และสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 50 ร้อยละ 8 18 33 31.5 6.5 และ 3 ตามลำดับ ขั้นตอนการทำกัมมี่เยลลี่แสดงดังภาพที่ 1 (Ratchamanee, P., et al., 2017) (Food Network Solution, 2017) (Garrido, J.I., et al., 2015)

5.2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้ศึกษาการทำงานของเครื่องหยอดส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ด้วยวิธีการแบบเดิม (Sitticharoen, W., 2004) ด้วยผู้ใช้งานที่ชำนาญในการหยอด ขั้นตอนการผสมส่วนผสมแสดงดังภาพที่ 1 และวิธีการหยอดด้วยมือแสดงดังภาพที่ 2 จากนั้นผู้วิจัยสังเกตการไหลของส่วนผสมกัมมี่เยลลี่เก็บข้อมูลวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปัญหาการหยอดส่วนผสมด้วยวิธีหยอดมือ แล้วนำมาออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำกัมมีเยลลี่

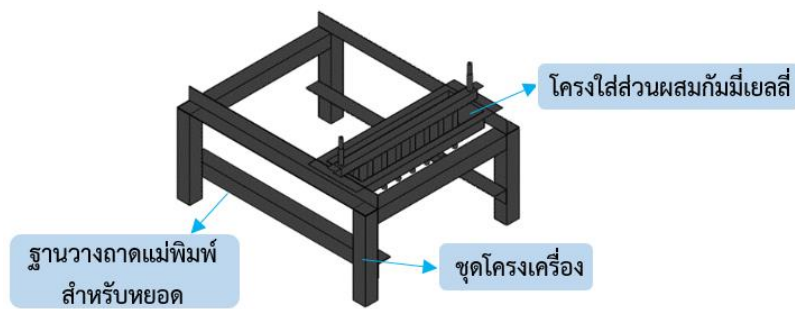


ภาพที่ 2 การหยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่ด้วยวิธีการแบบเดิม

5.3 การออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่

ผู้วิจัยได้ศึกษาการหยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่ โดยตั้งสมมติฐานจะต้องลดเวลาในการหยอดแบบเดิม และต้องเพิ่มกำลังการผลิตในการหยอดได้ ผู้วิจัยให้เครื่องต้นแบบทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติโดยผู้ใช้งาน แบบร่างของเครื่องต้นแบบแสดงดังภาพที่ 3 จากนั้นดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบ และทำการทดลองหยอดส่วนผสมด้วยวิธีหยอดมือและจากเครื่องต้นแบบ จับเวลาการทำงานเพื่อศึกษาเวลาดำเนินการจับเวลา ทดลองการหยอดทั้ง 2 วิธี แต่ละวิธีทำซ้ำทั้งหมด 5 ครั้ง นำค่าเวลาที่ได้นำมาคำนวณเวลามาตรฐานการทำงาน ดังสมการที่ 1 ซึ่งคิดค่าเวลาเผื่อร้อยละ 20 (Sitticharoen, W., 2004) และเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดทั้ง 2 วิธี เพื่ออัดขนาดวัดขนาดทางกายภาพ และเปรียบเทียบความแตกต่างกันต่อไป

$$\text{เวลามาตรฐานการทำงาน} = \text{เวลาที่จับได้} + \left(\frac{\% \text{เวลาเผื่อ}}{100} \times \text{เวลาที่จับได้} \right) \quad (1)$$



ภาพที่ 3 แบบงานเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่

5.4 การวัดลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

ผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดทั้ง 2 วิธี ผู้วิจัยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างวิธีละ 100 ตัวอย่าง โดยตัวอย่างกัมมีเยลลี่ที่เลือกจะต้องมีลักษณะชิ้นงานรูปทรงกลมสมบูรณ์ ไม่บิดเบี้ยว และมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนตามแบบที่ผู้วิจัยต้องการ นำตัวอย่างมาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ขนาดของกัมมีเยลลี่ที่ต้องการ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานของท้องตลาดที่ผู้บริโภคประทับใจได้พอดีค่า โดยให้แต่ละวิธีทำการวัดซ้ำทั้งหมด 5 ซ้ำ

5.5 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานและการประเมินดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC)

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของการหยอดกัมมีเยลลี่ ด้วยวิธีการทำงานแบบเดิม และจากการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับการหยอดกัมมีเยลลี่ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นใหม่ ทำได้โดยศึกษาการจับเวลาการทำงาน และการประเมินดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC) หรือ Index of Item Objective Congruence หมายถึง ความสอดคล้องการทำงานของเครื่องต้นแบบกับวัตถุประสงค์ในการออกแบบซึ่งทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง -1 เป็นวิธีการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา หาได้จากสูตร ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2)$$

เมื่อ IOC = ค่าดัชนีความสอดคล้องตามสมมติฐานของการวิจัย
 $\sum R$ = ค่าผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ
 N = จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

กำหนดคะแนนความคิดเห็นไว้ดังนี้

+1 หมายถึง มีความเห็นสอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น
 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ
 -1 หมายถึง มีความเห็นไม่สอดคล้องกับเครื่องที่สร้างขึ้น

ซึ่งการประเมินคุณภาพของเครื่องโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน คือ อาจารย์ประจำหลักสูตร สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร และสาขาวิชาพัฒนา

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 2 ปี โดยมีขั้นตอนการประเมินเครื่อง คือ ออกแบบใบประเมิน นัดหมายผู้เชี่ยวชาญ สาธิตการทำงานของเครื่องต้นแบบ และประเมินผลและเก็บรวบรวมข้อมูล

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่

เครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ที่สร้างขึ้นเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติอาศัยการทำงานโดยผู้ใช้งาน และพิจารณาด้านที่ใช้สัมผัสกับอาหารเป็นพิเศษ โดยเลือกใช้เหล็กสแตนเลสไร้สนิม เพราะเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร และต้องทำความสะอาดได้ง่ายและทั่วถึง ให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณลักษณะของอาหารปลอดภัย (Lelieveld, H., et al., 2003) ประกอบด้วยลักษณะโครงสร้างแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ โครงใส่ส่วนผสม และชุดโครงเครื่อง โครงใส่ส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ ทำจากแผ่นสแตนเลสเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 8 รู ระยะห่างระหว่างรู ขนาด 45 มิลลิเมตร นำสแตนเลสทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร สูง 30 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น มาเชื่อมแบบทิก (Tungsten Inert Gas welding, TIG) กับโครงเจาะรูที่ได้กล่าวข้างต้น ในทำนองเดียวกันที่ก้นส่วนผสมกัมมี่เยลลี่ นำสแตนเลสทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร สูง 55 มิลลิเมตร จำนวน 8 ชิ้น มาเชื่อมติดกับสแตนเลสแบบกล่อ่ง จากนั้นนำซูเปอร์ลีน (Superlene) ชนิดสัมผัสกับอาหารได้รูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ยาว 100 มิลลิเมตร มาประกอบใส่สแตนเลสทรงกระบอก ดังภาพที่ 4 และชุดโครงเครื่องต้นแบบได้มาจากการตัดเหล็กฉากเพื่อทำฐานเลื่อนโครงใส่ส่วนผสม และฐานรองรับถาดแม่พิมพ์แบ่งข้าวโพดได้จากการตัดเหล็กกล่องขนาดกว้าง 1.5 นิ้ว ยาว 490 มิลลิเมตร จำนวน 2 ท่อน เชื่อมประกอบเป็นโครงเครื่องต้นแบบ ซึ่งเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมี่เยลลี่ แสดงดังภาพที่ 5 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยผู้ใช้งานจะต้องเลื่อนโครงใส่ส่วนผสมไปตามรางที่ยึดทั้งสองด้านกับโครงเครื่อง ซึ่งด้านล่างมีฐานรองรับการวางถาดแม่พิมพ์แบ่งข้าวโพดมาตรฐาน ด้านในโครงใส่ส่วนผสมมีที่กั้นการไหลของส่วนผสมคอยปรับระดับการปล่อยให้ไหล และคุมการปิดโดยพลาสติกซูเปอร์ลีนปิดกั้นช่องการไหล การหยอดส่วนผสมด้วยเครื่องต้นแบบสามารถหยอดได้ครั้งละแถวจำนวน 8 หลุมต่อการหยอด 1 ครั้ง จำนวน 12 แถว ซึ่งในการทดลองโดยผู้ใช้งานที่มีความชำนาญในการหยอดการหยอดส่วนผสมต่อถาดมาตรฐานสามารถหยอดได้เต็มทั้งหมด 96 หลุม



ภาพที่ 4 โครงใส่ส่วนผสมและที่ก้นส่วนผสมกัมมี่เยลลี่



ภาพที่ 5 เครื่องต้นแบบสำหรับการหยอดกัมมีเยลลี่

6.2 ผลการวัดลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์กัมมีเยลลี่

กัมมีเยลลี่ที่ได้จากวิธีการแบบเดิมโดยผู้ใช้งานหยอดส่วนผสมแม่พิมพ์แบ่ง และหยอด โดยใช้เครื่องต้นแบบ มีผลการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของกัมมีเยลลี่ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะของกัมมีเยลลี่จากการใช้เครื่องต้นแบบและการหยอดมือ (n=100)

รายละเอียด	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		ความหนา (มิลลิเมตร)	
	การใช้เครื่องต้นแบบ	การหยอดมือ	การใช้เครื่องต้นแบบ	การหยอดมือ
ค่าเฉลี่ย	14.78 ± 0.62	14.63 ± 0.86	9.68 ± 1.15	12.87 ± 2.07
t	-1.35		13.49	
p-value	0.001		0.001	

จากตารางที่ 1 กัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดส่วนผสมด้วยวิธีการแบบเดิมด้วยการหยอดทีละหลุมโดยผู้ใช้งานและจากเครื่องต้นแบบที่สามารถหยอดได้แฉะละ 8 หลุมต่อถาดมาตรฐานจำนวน 100 ตัวอย่าง ต่อวิธีนำข้อมูลมาเปรียบเทียบด้วยวิธีการทางสถิติ Independent T Test การเปรียบเทียบลักษณะของกัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดมือและการใช้เครื่องต้นแบบมีค่า $p \leq 0.05$ กล่าวคือเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของกัมมีเยลลี่ที่ได้จากการทดลองหยอดทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของกัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดด้วยเครื่องต้นแบบมีขนาดเฉลี่ย 14.78 มิลลิเมตร และ 9.68 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับขนาดของกัมมีเยลลี่ที่ต้องการ คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และความหนา 10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนกัมมีเยลลี่ที่ได้จากการทดลองหยอดด้วยมือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาเฉลี่ย 14.63 มิลลิเมตร และ 12.87 มิลลิเมตร ตามลำดับ มีขนาดและความหนาใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานเช่นเดียวกัน แต่กัมมีเยลลี่ที่ได้จากการหยอดด้วยเครื่องต้นแบบมีขนาดและความหนาใกล้เคียงค่ามาตรฐานมากกว่า ซึ่งต่างจากวิธีการหยอดด้วยมือซึ่งผู้ทดลองตักและควบคุมปริมาณส่วนผสมในการหยอดกัมมีเยลลี่ทีละหลุม ส่งผลให้การควบคุมของผู้หยอดนั้นทำได้ค่อนข้างยาก โอกาสในการหยอดทำให้ขนาดหรือความหนาไม่เท่ากันได้

6.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

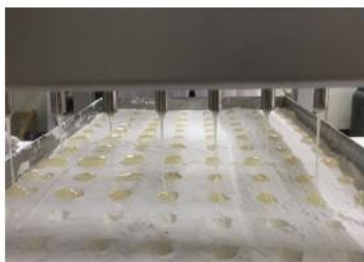
การหอยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่ทั้ง 2 วิธี ผู้วิจัยได้จับเวลาการทำงานทั้งหมด 5 ครั้งต่อหนึ่งวิธี แล้วนำค่าเวลาการทำงานของแต่ละวิธีมาคำนวณดังสมการที่ 1 ซึ่งเครื่องต้นแบบมีกำลังการผลิตในการหอยอดกัมมีเยลลี่เพิ่มขึ้น จากเดิมสามารถหอยอดเฉลี่ยได้ 1 ชิ้นต่อครั้ง เพิ่มเป็น 8 ชิ้นต่อการหอยอดหนึ่งครั้ง โดยสามารถหอยอดส่วนผสมได้ทั้งหมด 96 หลุมเต็มต่อ 1 ถาดมาตรฐาน กัมมีเยลลี่ที่ได้จากเครื่องต้นแบบมีลักษณะรูปทรงดี ไม่เปลี่ยนรูป ได้ชิ้นงานเฉลี่ย 88 ชิ้น ส่วนจากการหอยอดมือต่อ 1 ถาดมาตรฐาน ได้ชิ้นงานเฉลี่ย 79 ชิ้น แต่การหอยอดด้วยมือใช้เวลาในการหอยอดนานกว่า และส่วนผสมเย็นตัวทำให้ความหนืดสูง ไม่สามารถหอยอดได้เต็มถาด ผลของเวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยของการหอยอดส่วนผสมทั้ง 2 วิธี แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า เวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยในการหอยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่ทั้ง 2 วิธี มีค่า $t\text{-test} = 15.212$ และ $\text{Sig} = 0.002$ คือเวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองทั้ง 2 วิธี แตกต่างกัน ซึ่งการทดลองด้วยเครื่องต้นแบบและวิธีการหอยอดด้วยมือมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 เวลามาตรฐานการทำงานเฉลี่ยของการหอยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่จากการใช้เครื่องต้นแบบ และการหอยอดมือ ($n=5$)

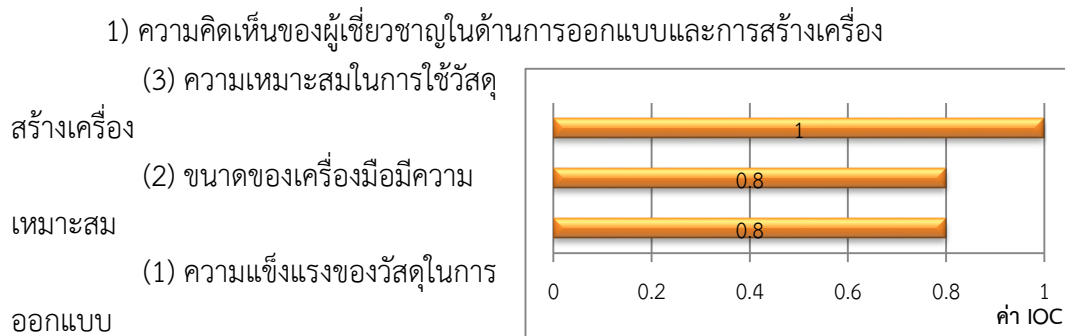
ครั้งที่	การทดลองด้วยเครื่องต้นแบบ	การทดลองด้วยวิธีหอยอดมือ
	เวลามาตรฐานการทำงาน (นาที)	เวลามาตรฐานการทำงาน (นาที)
เฉลี่ย	2.68 ± 0.34	16.08 ± 1.94
t	15.212	
p-value	0.002	

6.4 ผลการประเมินดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC) ด้วยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของเครื่องโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้กำหนดผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยการศึกษาค่าดัชนีและความสอดคล้อง ตามหัวข้อทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการออกแบบ และการสร้างเครื่อง ด้านการใช้งานเครื่อง ด้านการบำรุงรักษา และด้านความคุ้มค่า ดังภาพที่ 6 (Phrommabun, P., 2013) (Mayacheerw, P., 2014) มีผลการวิเคราะห์การประเมินแสดงดังภาพที่ 7 - 10 ดังนี้



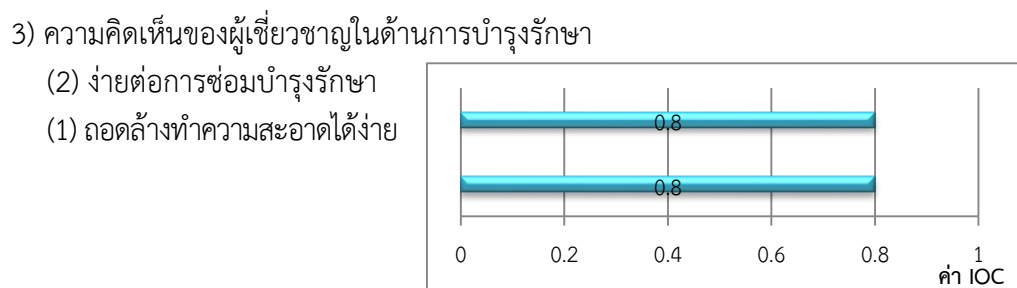
ภาพที่ 6 สาธิตการทำงานและผู้เชี่ยวชาญประเมินดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC)



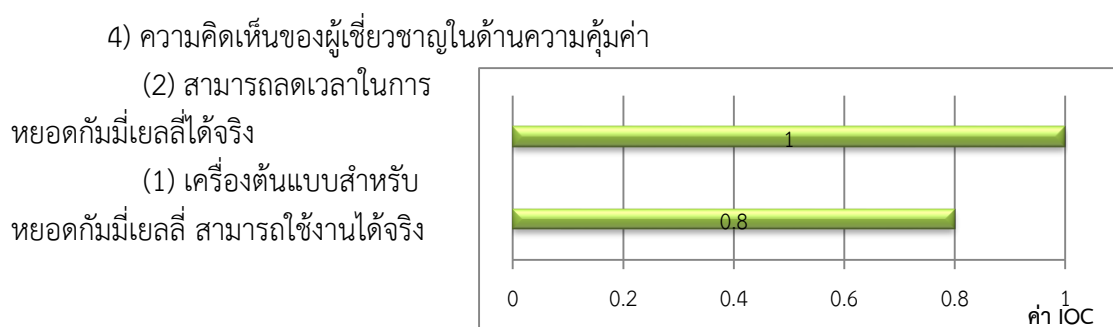
ภาพที่ 7 ค่า IOC ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบและการสร้างเครื่อง



ภาพที่ 8 ค่า IOC ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านการใช้งานเครื่อง



ภาพที่ 9 ค่า IOC ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านการบำรุงรักษา



ภาพที่ 10 ค่า IOC ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญในด้านความคุ้มค่า

จากภาพที่ 7 – ภาพที่ 10 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญโดยวิธีการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องหรือ IOC ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบประเมินคุณภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ มีผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 5 ท่าน เป็นผู้แสดงความคิดเห็นในด้านการออกแบบและสร้างเครื่องว่าอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินด้วยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ ของรายการประเมินทั้ง 3 จุดเท่ากับ 0.87 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.5 ในด้านการทำงานของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ ประเมินด้วยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง IOC ของรายการประเมินทั้ง 4 จุด เท่ากับ 0.75 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.5 ในด้านการบำรุงรักษาของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ ประเมินด้วยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ ของรายการประเมินทั้ง 2 จุด เท่ากับ 0.80 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.5 เช่นเดียวกัน และในด้านความคุ้มค่าของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ ประเมินด้วยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้อง IOC ของรายการประเมินทั้ง 2 จุดเท่ากับ 0.90 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มากกว่า 0.5 จึงสรุปได้ว่าเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ที่สร้างขึ้นใหม่มีคุณภาพ สามารถนำมาใช้งานเพื่อลดเวลาการทำงานแบบเดิม และทำให้ได้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากเดิมได้จริง

นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์การพิจารณาระยะเวลาต้นทุนการใช้งานจริงของเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ จะคำนวณจากค่าใช้จ่ายในการทำงาน ได้แก่ จำนวนคนทำงาน ระยะเวลาการทำงาน ค่าบำรุงรักษา ของวิธีการทำงานแบบเดิมและจากการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยวิธีการทำงานแบบเดิมมีจำนวนคนทำงาน 3 คน ทำงานวันละ 3 ชั่วโมง (หยอดกัมมีเยลลี่ได้ทั้งหมด 7 ถาด) ซึ่งการทำงานจำนวนเดือนละ 20 วัน อัตราค่าจ้างคนทำงาน 120 บาทต่อคนต่อวัน จากหลักการข้างต้นสามารถคิดต้นทุนค่าใช้จ่ายของวิธีการทำงานแบบเดิมได้เท่ากับ 7,200 บาทต่อเดือน สำหรับต้นทุนของการใช้งานด้วยเครื่องต้นแบบ มีราคาเครื่อง 15,000 บาท สามารถลดคนทำงานเหลือ 1 คน เวลาการทำงานและอัตราค่าจ้างคนทำงานเท่าเดิมคิดเป็น 2,400 บาทต่อเดือน ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 10 บาท เท่ากับ 200 บาทต่อเดือน สามารถหาค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องต้นแบบได้เท่ากับ 17,600 บาท ดังนั้นการใช้งานเครื่องต้นแบบพบระยะเวลาต้นทุน 2.44 เดือน

7. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ทำการทดลองหยอดส่วนผสมกัมมีเยลลี่ด้วยวิธีหยอดมือและจากเครื่องต้นแบบ ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

7.1 การทดลองหยอดกัมมีเยลลี่ด้วยมือโดยผู้ใช้งาน พบว่า สามารถหยอดได้ครั้งละหลุม ซึ่งใช้เวลาในการหยอดนาน จึงเป็นที่มาของการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับหยอดกัมมีเยลลี่ ซึ่งเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นสามารถลดเวลาการหยอดและเพิ่มกำลังการผลิตในการหยอดต่อครั้งได้

7.2 เครื่องต้นแบบสามารถลดเวลามาตรฐานการทำงานในขั้นตอนการหยอดได้จริง จากวิธีการแบบเดิมหยอดด้วยมือซึ่งมีเวลา 16.08 นาที เหลือ 2.68 นาที ซึ่งพบว่าเวลาทำงานลดลงร้อยละ 83.33 ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น เครื่องต้นแบบทำให้กำลังการผลิตในการหยอด

เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ยสามารถหยอดได้ 1 ขึ้นต่อครั้ง เพิ่มเป็น 8 ขึ้นต่อการหยอดหนึ่งครั้ง โดยสามารถหยอดส่วนผสมได้ทั้งหมด 96 หลุมเต็มต่อ 1 ถาดมาตรฐาน ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์กัมมี่เยลลี่จากเครื่องต้นแบบที่มีลักษณะรูปทรงกลมสมบูรณ์ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เฉลี่ย 88 ขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.67 ต่อถาดมาตรฐาน ส่วนจากการหยอดมือได้ชิ้นงานเฉลี่ย 79 ขึ้น คิดเป็นร้อยละ 82.29 ต่อถาดมาตรฐาน และขนาดกัมมี่เยลลี่จากเครื่องต้นแบบและจากการหยอดแบบเดิมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนา ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเส้นผ่าศูนย์กลางและความหนาของกัมมี่เยลลี่ที่ได้จากเครื่องต้นแบบมีความใกล้เคียงกับขนาดและความหนาที่ผู้ทดลองต้องการมากกว่าวิธีการหยอดแบบเดิม เนื่องจากเครื่องต้นแบบ สามารถควบคุมการหยอดส่วนผสมในแต่ละครั้งได้ดีกว่าการควบคุมโดยการหยอดทีละหลุมซึ่งโอกาสในการควบคุมน้ำหนักการหยอดอาจไม่เท่ากัน

7.3 การประเมินคุณภาพของเครื่องด้วยวิธีดัชนีค่าความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในการประเมินคุณภาพเครื่องต้นแบบ ผลการประเมินด้านการออกแบบและการสร้างได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.87 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ด้านการใช้งานเครื่อง ได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.75 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ด้านการบำรุงรักษา ได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.8 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และด้านความคุ้มค่า ได้ค่าเฉลี่ย IOC เท่ากับ 0.9 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และโดยภาพรวมคุณภาพของเครื่องต้นแบบมีค่า IOC เท่ากับ 0.82 ซึ่งแสดงว่า คุณภาพของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพที่ยอมรับได้ สามารถใช้งานและลดเวลาการทำงานได้จริง ผลการวิจัยสอดคล้องกับผลการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องแยกเส้นใบตาล (Phrommabun, P., 2013) ที่ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ค่า IOC เท่ากับ 0.94 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถลดระยะเวลาและเพิ่มปริมาณการแยกเส้นใบตาลได้ ในทำนองเดียวกันได้สอดคล้องกับการสร้างเครื่องย่อยต้นสาคุที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องด้านคุณภาพการทำงานของเครื่องที่สร้างขึ้นอยู่ในเกณฑ์ (Mayachearw, P., 2014) นอกจากนี้การเปรียบเทียบวิธีการทำงานแบบเดิมกับการใช้งานเครื่องต้นแบบ พบว่าหากมีการใช้งานเครื่องต้นแบบจะมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 2.44 เดือน

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัยขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ และเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงผ่านไปได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- Food Network Solution. (2017). **Jelly**. [Online]. Available <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0882/jelly>. access on 19/09/2018. (in Thai)
- Garrido, J.I., Lozano, J.E. and Genovese, D.B. (2015). Effect of formulation variables on rheology, texture, colour and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization, **LWT - Food Science and Technology**, vol. 62, June 2015,

pp. 325-332.

Lee, R. and Jackson E.B. (1973). **Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture.**

New York: Leonard Hill Books.

Lelieveld, H., Mostert, M.A., Holah, J. and White, B. (2003). **Hygiene in Food**

Processing. United Kingdom: Woodhead Publishing.

Mayacheaw, P. (2014). The Construction of Sago Milling Machine, **Princess of**

Naradhiwas University Journal, Vol 6, No 1 (2014), pp. 94-102. (in Thai)

Phrommabun, P. (2013). Design and Construction of Palm Leaf Separation Machine,

Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal, Vol.2, July

2013, pp. 24-35. (in Thai)

Raposo, A., et al. (2015). Vending machines: Food safety and quality assessment

focused on food handlers and the variables involved in the industry. **Food**

Control, vol 56, October 2015, pp. 177-185.

Ratchamanee, P., et al. (2017). Development of Ginger Gummy Jelly Product, **paper**

presented in the RMU GRC 2017, Maha Sarakham, Rajabhat Maha Sarakham

University, Thailand.

Sitticharoen, W. (2004). **Work study.** Bangkok: O.S. Printing House. (in Thai)

Subhimart, S. (2000). **Confectionery and Chocolate Production Technology.**

Bangkok: Chulalongkorn University Printing House. (in Thai)