

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ สำหรับวิสาหกิจชุมชน

Design and Development of the Semi-Automatic Banana Stick Production Machine for Community Enterprises

ปิยะพงษ์ สิงห์บัว, วศ.ม. (Piyapong Singbua, M.Eng.)^{1*}

วิรุณ โมณะตระกูล, วศ.ด. (Wiroon Monatrakul, D.Eng.)²

รักพงษ์ ชันธวิธิ, วศ.ม. (Rakpong Khanthawithi, M.Eng.)³

สวาส อางสาละ, วศ.ม. (Swas Oajsalee, M.Eng.)⁴

อนุรักษ์ มະโนมัย, วศ.ม. (Anurak Manomai, M.Eng.)⁵

Received : October 1, 2024

Revised : November 11, 2024

Accepted : November 28, 2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องผลิตกล้วยอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถใช้งานได้ในระดับวิสาหกิจชุมชน โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนแรงงาน และส่งเสริมการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชน

วิธีการวิจัย: การพัฒนาเครื่องผลิตกล้วยอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัตินี้เริ่มต้นจากการออกแบบระบบการทำงานที่แบ่งออกเป็นสามกระบวนการหลัก ได้แก่ ถังบดกล้วย ระบบผสม และระบบอัดแท่ง ในกระบวนการแรก ถังบดกล้วยถูกออกแบบให้สามารถรองรับการบดกล้วยได้สูงสุด 25 กิโลกรัมต่อรอบ เพื่อให้สามารถจัดการวัตถุดิบได้ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน ถัดมาเป็นกระบวนการระบบผสม ซึ่งใช้สำหรับเติมส่วนผสมตามอัตราส่วนที่กำหนดและผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง ก่อนที่จะส่งต่อเข้าสู่ระบบอัดแท่ง ระบบอัดแท่งถูกออกแบบโดยใช้หลักการเกลียวอัด ซึ่งช่วยให้สามารถผลิตกล้วยอัดแท่งได้อย่างต่อเนื่อง พร้อมติดตั้งกลไกใบมีดตัดที่สามารถตั้งค่าความยาวของแท่งกล้วยได้ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร ระบบสายพานลำเลียงถูกนำมาใช้เพื่อส่งต่อกล้วยอัดแท่งที่ตัดเสร็จแล้วไปยังถาดรองรับเพื่อจัดเรียงและเตรียมเข้าสู่กระบวนการอบในขั้นตอนสุดท้าย

ผลการวิจัย: เครื่องผลิตกล้วยอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถผลิตได้อย่างน้อย 12.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือประมาณ 100 กิโลกรัมต่อวัน โดยใช้แรงงานเพียง 2 คน การทำงานแบ่งเป็น 4 รอบต่อวัน (รอบละ 2 ชั่วโมง) ใช้แป้งกล้วยผสมแล้วปริมาณ 25 กิโลกรัมต่อรอบ โดยมีแป้งกล้วยที่ไม่สามารถอัดแท่งได้เพียง 0.11 กิโลกรัม ส่งผลให้เครื่องจักรมีประสิทธิภาพการทำงานอยู่ที่ร้อยละ 98.26 นอกจากนี้ เครื่องจักรยังช่วยเพิ่มรายได้ประมาณ 200,000 บาทต่อปี และเมื่อดำเนินต้นทุนเครื่องจักรที่ 320,000 บาท จะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1.6 ปี

คำสำคัญ: แป้งกล้วย, กล้วยบดอัดแท่ง, เครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งกึ่งอัตโนมัติ

^{1,3} อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
(Lecturer, Department of Mechanical Engineering,

Faculty of Engineering and Architecture, Vongchavalitkul University)

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขานวัตกรรมเทคโนโลยีเครื่องจักรกล

คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(Assistant Professor, Innovative Technology Machinery Program,

Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University)

^{4,5} อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

(Lecturer, Department of Management and Logistics Engineering,

Faculty of Engineering and Architecture, Vongchavalitkul University)

*ผู้เขียนหลัก (Corresponding Author)

Email: piyapong_sin@vu.ac.th

Abstract

Objectives: This research aimed to study and design a semi-automatic banana stick production machine suitable for community enterprises. The primary objectives were to enhance production efficiency, reduce labor costs, and promote income generation within the community.

Method: The development of the semi-automatic banana stick production machine began with designing its operating system, which comprised three main processes: banana mashing, mixing, and bar forming. In the first process, the banana mashing unit was designed to handle up to 25 kilograms of bananas per cycle, ensuring an adequate capacity for community-level production. The second process involved a mixing unit to add ingredients based on a specified ratio and ensure thorough blending before transferring the mixture to the bar-forming unit. The bar-forming unit utilized a screw extrusion mechanism, enabling continuous production of banana bars. It was equipped with a cutting blade mechanism that allowed the bars' length to be adjusted between 10 and 15 centimeters. Additionally, a conveyor system was implemented to transfer the cut banana bars to a receiving tray, where they were arranged for subsequent drying.

Results: The semi-automatic banana stick production machine demonstrated a production capacity of at least 12.5 kilograms per hour, or approximately 100 kilograms per day, with only two workers required. The operation was divided into four cycles per day (two hours per cycle), each processing 25 kilograms of pre-mixed banana mash. The amount of banana mash that could not be extruded into bars was minimal at only 0.11 kilograms, resulting in a machine efficiency of

98.26%. Moreover, the machine was estimated to generate additional income of approximately 200,000 THB per year. With a machine cost of 320,000 THB, the payback period was approximately 1.6 years.

Keywords: banana flour, banana sticks, semi-automatic banana stick machine

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแปรรูปกล้วยเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ทางอาหาร เกิดขึ้นเพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาให้คงไว้ซึ่งสารสำคัญที่เป็นประโยชน์และเพิ่มความหลากหลายให้กับผู้ที่นิยมบริโภคกล้วย (Atli. 2023) ซึ่งเป็นผลไม้ที่มีรสชาติหวานและประโยชน์สูง กล้วยเป็นที่นิยมในการบริโภคสดและใช้เป็นส่วนผสมในอาหารต่างๆ อย่างไรก็ตาม

การแปรรูปกล้วยเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์กล้วยอื่นๆ เช่น ผงกล้วยเป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ผงกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากการบวนการแปรรูปกล้วย โดยกล้วยดิบถูกทำให้แห้ง จากนั้นทำการบดให้เป็นผงละเอียดและกรองเพื่อกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการ ผลิตภัณฑ์ผงกล้วยชนิดต่างๆ จะมีรสชาติหวานจากธรรมชาติและสารอาหารที่สูง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Banana nutritional value. (Atli. 2023)

Nutritional Values per 100g	Unit	Egg Banana (Musa acuminata)	Lady Finger Banana (Musa acuminata)	Fragrant Banana (Musa sapientum)	Burro Banana (Musa sapientum)
Energy	kcal	140	139	125	112
Water	g	62.8	62.6	66.3	71.2
Protein	g	1.5	1.1	0.9	1.2
Fat	g	0.2	0.2	0.2	0.2
Carbohydrates	g	32.9	33.1	29.8	26.3
Fiber	g	1.9	2.3	1.9	-
Ash	g	0.7	0.7	0.9	0.7
Calcium	mg	4	7	26	7
Phosphorus	mg	23	43	46	48
Iron	mg	1.0	0.8	0.8	0.8
Beta-Carotene (Provitamin A)	mg	0.8	0.054	0.099	-
Thiamine (Vitamin B1)	mg	0.03	0.04	0.04	0.08
Riboflavin (Vitamin B2)	mg	0.05	0.02	0.07	0.11
Niacin	mg	1.4	1.4	1	0.8
Vitamin C	mg	2	11	27	1

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่ช่วยให้ง่ายต่อการจัดเก็บรักษาและนำไปใช้ในการผลิตอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ การแปรรูปกล้วยเป็นผงกล้วยนั้นมีขั้นตอนคือ เริ่มต้นจากการคัดเลือกกล้วยที่สมบูรณ์ จากนั้นปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นบางๆ โดยจะมีกระบวนการเพื่อคงสภาพสารอาหาร เช่น การแช่ในน้ำอุ่นหรือสารละลายที่มีประโยชน์เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จากนั้นกล้วยจะถูกทำให้แห้งไม่ว่าจะเป็นการตากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือใช้ตู้อบลมร้อน และทำการบดให้เป็นผงละเอียดที่สม่ำเสมอ (Naknaen et al., 2016) ผงกล้วยที่ได้จะถูกบรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการจัดจำหน่ายและบริโภค (Razali et al., 2020; Van Tai et al., 2024)

ผงกล้วยมีการใช้งานที่หลากหลายในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (Figure 1) สามารถนำไปใช้ในการผลิตขนมหวาน เช่น

ขนมคุกกี้ พาย และเค้กได้ (Yap et al., 2017) นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในการผลิตเครื่องดื่มและนมผง เช่น ช็อกโกแลต ไอศกรีม และนมเย็น ทำให้ผงกล้วยเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายและน่าสนใจสำหรับผู้บริโภค (Ahmed et al., 2021; Samsudin et al., 2019) การแปรรูปกล้วยเป็นผงกล้วยมีผลกระทบที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์อาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเพิ่มมูลค่าและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง (Bezerra et al., 2013) อีกทั้งยังเป็นส่วนสำคัญในการลดการสูญเสียของกล้วยที่มีความสมบูรณ์ที่สุด การใช้งานที่มีประสิทธิภาพในการแปรรูปกล้วยเป็นผงกล้วยนั้นมีศักยภาพในการสร้างรายได้และเป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจให้กับผู้ประกอบการ หรือกลุ่มเกษตรกร นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางที่ช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจท้องถิ่นและสร้างงานอีกด้วย (Biernacka et al., 2020)



Figure 1 Processed Namwa (Thai Cultivated Banana) powder products.
(Atlascompany. 2023)

ปัจจุบันการแปรรูปกล้วยในระดับกลุ่มวิสาหกิจเพื่อเพิ่มมูลค่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยส่วนใหญ่จะมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ซ้ำเดิม เช่น กล้วยฉาบ กล้วยทอด และกล้วยตาก เป็นต้น ซึ่งหากจะตั้งเป้าการขายในกลุ่มลูกค้าที่หันมาใส่ใจดูแลรักษาสุขภาพ จำเป็นต้องมีสินค้าหลากหลายรูปแบบที่มั่นใจได้ว่ากระบวนการแปรรูปไม่ได้ผ่านการใช้น้ำมันในการทำให้อร่อย จึงเป็นที่มาของการคิดผลิตภัณฑ์ใหม่คือกล้วยบดอัดแท่ง ที่สามารถทำให้สุกด้วยการอบให้ความร้อน เพื่อลดความเสี่ยงจากการใช้น้ำมันทอด แต่การพึ่งพากระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมที่ใช้แรงงานคนเป็นหลักนั้นมีข้อจำกัดทั้งด้านความแม่นยำและประสิทธิภาพ อีกทั้งยังต้องเผชิญกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานจากการเพิ่มขึ้นของประชากรสูงวัย ทำให้จำเป็นต้องพัฒนาเครื่องจักรที่ช่วยลดภาระการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่สามารถตอบโจทย์การผลิตสินค้าเพื่อสนองต่อความต้องการของกลุ่มลูกค้าที่รักสุขภาพและต่อยอดการขายในเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องดังกล่าว งานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งตัดที่จะส่งผลต่อความยาวของกล้วยบดอัดแท่ง และการใช้พลังงานการในกระบวนการ ผลการวิจัยคาดว่าจะช่วยแก้ปัญหาการผลิตกล้วยในปริมาณมาก ลดการสูญเสียทรัพยากร และเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตจากกล้วยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการพัฒนาเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่าการใช้แรงงานคน เป็นการเพิ่มศักยภาพในการผลิตกล้วยบดอัดแท่งโดยเครื่องต้นแบบที่สามารถรองรับปริมาณการผลิตได้เหมาะสมและสามารถลดเวลาการเตรียมวัตถุดิบและกระบวนการผลิตระดับวิสาหกิจชุมชน เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและเพิ่มโอกาสทางรายได้ และเศรษฐกิจของชุมชนต่อไป

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบเครื่องจักรผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติถูกพัฒนาขึ้นโดยมุ่งเน้นให้กระบวนการผลิตมีความเป็นระบบและมีประสิทธิภาพสูง (Guo et al., 2020) การออกแบบเครื่องจักรนี้แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นด้วยถังบดกล้วยดิบซึ่งสามารถรองรับกล้วยดิบได้ถึง 25 กิโลกรัม ถังบดนี้ประกอบด้วยใบมีดที่ทำหน้าที่บดสับกล้วยโดยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า กล้วยน้ำว้าดิบที่ผ่านการปอกเปลือกที่ความชื้นประมาณ 65-77 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก จะถูกบดในถังนี้ก่อนที่จะถูกส่งต่อไปยังชุดอัดแท่งผ่านช่องเปิดในเครื่อง สำหรับการบดและการสร้างคุณสมบัติที่ดีของกล้วยบดสำหรับการผลิตเชิงอัดแท่งนั้น การบดที่เหมาะสมจะช่วยเปิดเผยเส้นใยของกล้วย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอัดและการยึดตัวของแท่งกล้วยให้มีความแข็งแรง

โดยปัจจัยสำคัญคือการลดขนาดอนุภาคให้อยู่ในช่วง 2-5 มิลลิเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับการอัดในเครื่องอัดแบบไฮดรอลิกหรือแบบลูกกลิ้ง (Maia et al., 2014) กระบวนการถัดมา คือ การอัดแท่ง ซึ่งเป็นการใช้ชุดอัดแบบสกรูเพสในการอัดวัตถุดิบที่ได้จากการบด กล้วยที่บดละเอียดจะถูกอัดและขึ้นรูปเป็นแท่ง (González-Soto et al., 2007) โดยขนาดของแท่งกล้วยนั้นขึ้นอยู่กับขนาดรูของชุดอัด

นอกจากนี้ ยังมีใบมีดที่ปลายของช่องทางออกซึ่งทำหน้าที่ตัดแท่งกล้วยให้ได้ความยาวตามที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 10-15 เซนติเมตร หลังจากนั้นระบบสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ขนถ่ายกล้วยอัดแท่งที่ตัดเรียบร้อยแล้วไปยังถาดรองด้านหน้าเครื่อง เพื่อให้พนักงานนำกล้วยไปอบได้ ความชื้นที่เหลือเพียง 10-15 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียกในขั้นตอนต่อไป โดยมีแบบร่างเครื่องต้นแบบและส่วนประกอบสำคัญ ดังแสดงใน Figure 2-4

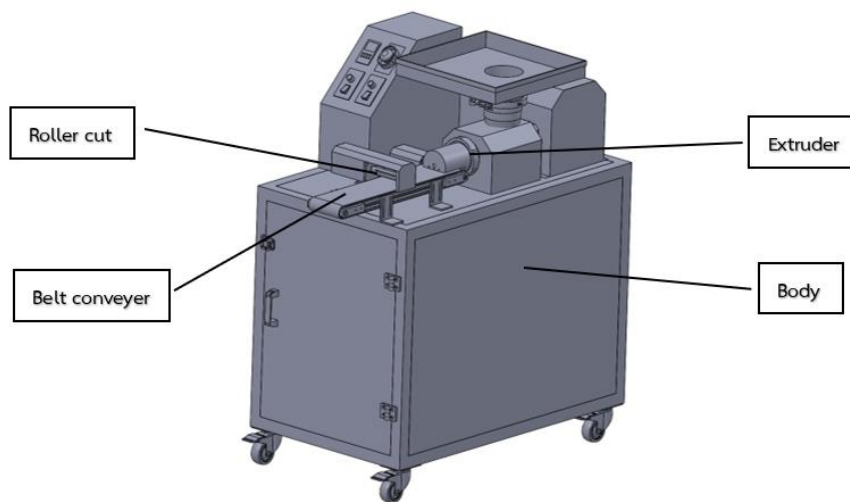


Figure 2 Sketch of semi-automatic banana stick machine

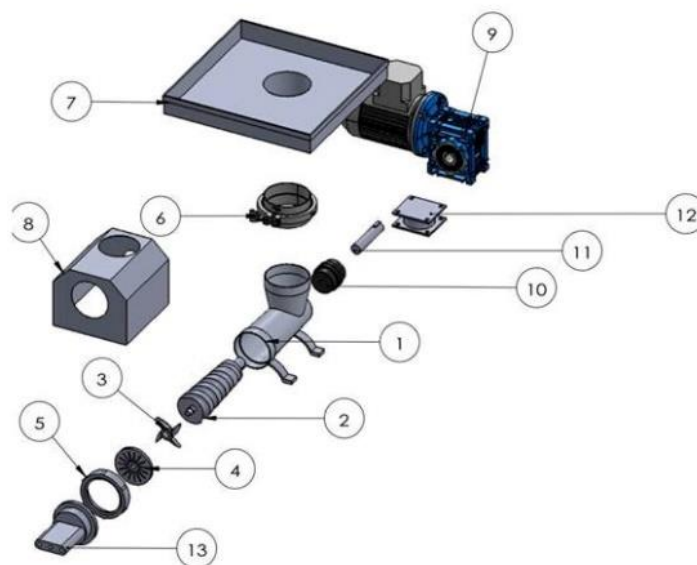


Figure 3 Detailed sketch of the extruder design

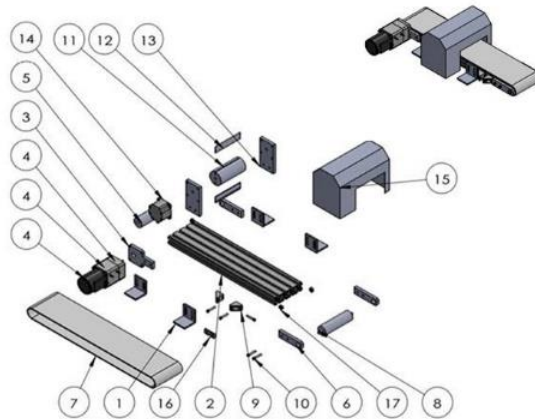


Figure 4 Detailed sketch of the roller cut and belt conveyor design

ในส่วนของสมรรถนะของเครื่องจักร เครื่องนี้สามารถผลิตกล้วยบดอัดแห้งได้ถึง 25 กิโลกรัมต่อรอบการผลิต โดยรอบการผลิตครั้งละ 2 ชั่วโมง และจากการคำนวณกำลังการผลิต พบว่า เครื่องจักรสามารถผลิตได้สูงที่สุดถึง 100 กิโลกรัม ต่อวัน หรือคิดเป็น 12.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อีกทั้งยังสามารถตั้งค่าความยาวของแท่งกล้วยที่ผลิตได้ ให้มีขนาดระหว่าง 10-15 เซนติเมตร เครื่องจักรนี้ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว โดยตัวแรก ใช้ในการบดวัตถุดิบ และตัวที่สองใช้ในการอัด แท่งกล้วย นอกจากนี้ เครื่องจักรยังถูกออกแบบให้ ทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งมีการควบคุมด้วยมือ ในบางขั้นตอน เพื่อให้การทำงานมีความยืดหยุ่น และสะดวกต่อการควบคุม

3.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของ เครื่อง เพื่อศึกษาความสามารถในการทำงานของ เครื่อง ที่ได้จากปัจจัยการทดสอบต่างๆ จะทำการ ทดสอบความเร็วรอบการผลิตของลูกกลิ้งตัด (หมายเลข 11 จาก Figure 4) 6 ระดับ ได้แก่ 10, 15, 20 ,25 ,30 และ 35 รอบต่อนาที คิดเป็น 0.042, 0.063, 0.084, 0.105, 0.126 และ 0.147 เมตรต่อวินาที จำนวน 5 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กิโลกรัม

ควบคุมความเร็วรอบของสกรูอัด (หมายเลข 2 จาก Figure 3) คงที่ 40 รอบต่อนาที โดยมีค่าชี้ผลการ ทดสอบคือ 1) ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) 2) ความยาวกล้วยบดอัดแห้ง (เซนติเมตร) และ 3) การใช้พลังงานในกระบวนการ ทำงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) พร้อมกับการทดสอบ เปรียบเทียบความสามารถการอัดแห้งแป้งกล้วย ด้วยเครื่องต้นแบบและผลิตแบบดั้งเดิม (แรงงานคน) พร้อมคำนวณจุดคุ้มทุนของเครื่อง

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องจักร

เมื่อทำการสร้างเครื่องต้นแบบ ตาม แนวคิดการออกแบบที่กำหนดไว้ ได้ภาพตัวอย่าง เครื่องผลิตกล้วยบดอัดแห้งแบบกึ่งอัตโนมัติ ต้นแบบ โดยมีส่วนประกอบหลักของเครื่องและ หน้าที่หลักๆ ได้แก่ โครงสร้างเครื่อง, ชุดขับเคลื่อน, ชุดอัดแห้งแป้งกล้วย, สายพานลำเลียงและชุดใบตัด (Figure 5) และเมื่อทำการทดสอบการทำงานของ เครื่องและปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง ได้ตัวอย่าง แป้งกล้วยอัดแห้งที่ได้จากเครื่องต้นแบบ ลักษณะ ดังแสดงใน Figure 6, Figure 7 และ Figure 8



Figure 5 Prototype of semi-automatic banana stick machine

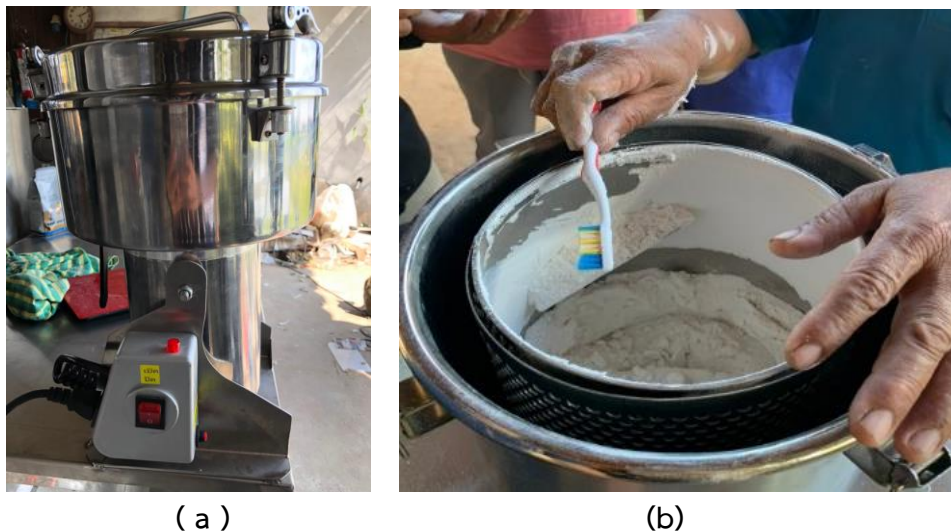


Figure 6 Banana powder grinding machine (a) Machine structure.
and (b) Banana powder characteristics from the machine.



Figure 7 Banana stick obtained through the prototype



Figure 8 Measuring the dimensions of banana stick produced by the prototype

4.2 ผลการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง

จากการทดสอบปัจจัยที่เหมาะสมของเครื่อง โดยทำการทดสอบการทำงานของชุดบดละเอียดซึ่งใช้วัตถุดิบเป็นกล้วยแผ่น ที่ผ่านกระบวนการหั่นเป็นชิ้น และตากแห้ง โดยทดสอบบดละเอียดครั้งละ 1 กิโลกรัม ทั้งหมด 5 ครั้ง

ต่อรอบการผลิต ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Table 2 จากนั้นทดสอบเครื่องอัดแท่งกึ่งอัตโนมัติ ที่ความเร็วรอบการหมุนของสกรูอัด (Extruder) คงที่ 40 รอบต่อนาที และทำการเปลี่ยนความเร็วรอบของลูกกลิ้งตัด (Roller cut) 6 ระดับ คือ 10, 15, 20, 25, และ 30 รอบต่อนาที ได้ผลการทดสอบดังแสดงใน Figure 8

Table 2 Test results of banana powder grinding machine

Test Point	Test Results
Raw Material	Banana
Production Capacity	1 kg per 45 seconds
Batch Volume	5 kg per production cycle
Product Characteristics	90 mesh
Machine Safety System	- Emergency stop switch: Fully functional - Operation indicator light: Fully functional

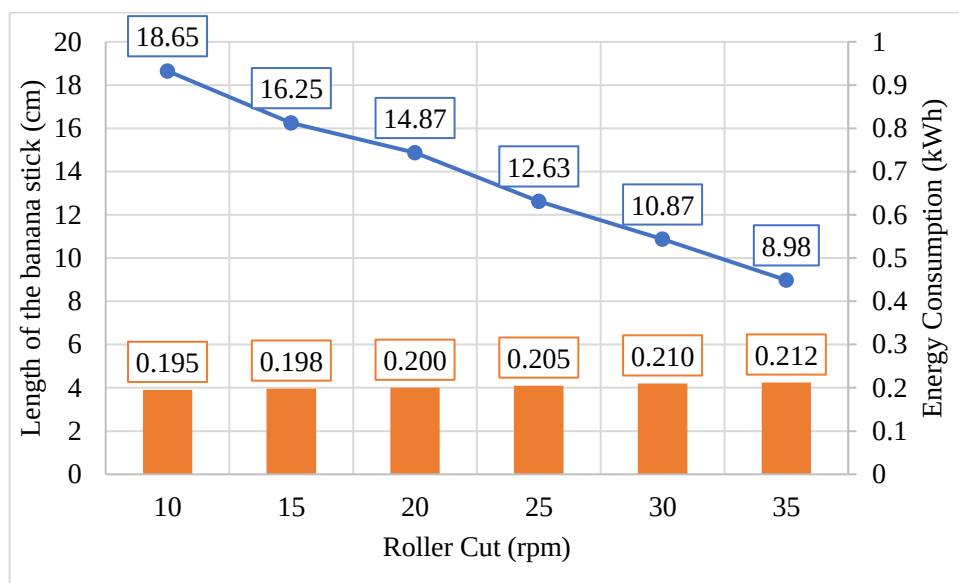


Figure 8 Relationship between length of the banana stick (centimeter) - left, Energy Consumption (kWh) - right and Roller speed (rpm)

จาก Figure 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของกล้วยบดอัดแห้ง (เซนติเมตร) กับการใช้พลังงานในระบบการทำงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) พบว่า ความยาวของกล้วยบดอัดแห้งแปรผกผันกับความเร็วรอบลูกกลิ้งตัด และการใช้พลังงานในระบบการแปรผกผันตรงกับความเร็วยรอบลูกกลิ้งตัด โดยเมื่อความเร็วรอบลูกกลิ้งตัดสูงขึ้น ส่งผลให้ความยาวของกล้วยบดอัดแห้งมีความยาวที่น้อยลง มีความสามารถในการทำงาน

เท่ากับ 24.89, 24.92, 24.90, 25.03, 25.01 และ 24.97 กิโลกรัมต่อชั่วโมง กับการใช้พลังงานการในระบบการทำงาน 0.195, 0.198, 0.200, 0.205, 0.210 และ 0.212 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งเป็นค่าของความเร็วรอบลูกกลิ้งตัด 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 รอบต่อนาที ตามลำดับ โดยในส่วนความสามารถในการทำงานนั้น จะเห็นได้ว่า มีค่าค่อนข้างคงที่ เนื่องจากความสามารถในการทำงานจะแปรผันตามความเร็วรอบของสกรูอัด ดังนั้นหากมีความต้องการความยาวของกล้วยบดอัดแห้งที่

10-15 เซนติเมตร เมื่อใช้ความเร็วรอบ 20 rpm จะได้ความยาวเฉลี่ยที่ 14.87 เซนติเมตร และเมื่อเพิ่มเป็น 25 rpm ความยาวจะอยู่ที่ 12.63 เซนติเมตร ซึ่งทั้งหมดอยู่ในช่วงเป้าหมายที่ต้องการ ในช่วงนี้ การใช้พลังงานอยู่ในระดับที่เหมาะสม คือ 0.200-0.205 kWh ซึ่งไม่สูงเกินไปและยังคงมีประสิทธิภาพในการผลิต ดังนั้น การปรับความเร็วรอบลูกกลิ้งให้อยู่ในช่วง 20-30 rpm จะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้แท่งกล้วยที่มีความยาวตามต้องการและยังรักษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระดับที่ดี โดยการทดลองได้กำหนดความเร็วของสกรูอัดคงที่ 40 รอบต่อนาที ส่งผลให้กำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 12.5

กิโลกรัมต่อชั่วโมง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยบดอัดแท่งจะถูกกำหนดโดยขนาดของรูทางออกของแม่พิมพ์ คือ 12 มิลลิเมตร ซึ่งแต่ละรอบการผลิต ใช้แป้งกล้วยที่ผสมแล้วปริมาณ 25 กิโลกรัม ซึ่งมีแป้งกล้วยที่ไม่สามารถอัดออกมาเป็นแท่งได้ 0.11 กิโลกรัม ดังนั้น ประสิทธิภาพเครื่องจักรอยู่ที่ร้อยละ 98.26

4.3 การเปรียบเทียบเครื่องต้นแบบกับแรงงานคน

การเปรียบเทียบระหว่างเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ กับการผลิตแบบดั้งเดิม (แรงงานคน) ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Comparison details between the prototype semi-automatic banana stick machine with traditional production (man labor)

Properties	Traditional production (man labor)	Prototype semi-automatic banana stick machine
1. Performance	3 kg/person/day	100 -120 kg/day
2. Power consumption	N/A	15.60-16.96 Watt/kg
3. Type of technology used	Man labor	Semi-automatic
4. Industrial production readiness/ machine integration	Not available	Available
5. Safety system	Not implemented	Implemented
6. Key technical highlights	Folk wisdom	Machine technology
7. Operating cost	300 baht/person/day persons	150 baht/day
8. IRR / Payback period	-	1.6 years
9. Commercial price and operation cost	500,000 – 700,000 baht/year	250,000 – 350,000 baht/year

จาก Table 3 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างการผลิตแบบดั้งเดิมโดยใช้แรงงานคนกับเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยแสดงให้เห็นถึงความได้เปรียบของเครื่องต้นแบบในหลายด้านสำคัญ ประการแรก ประสิทธิภาพการผลิต (Performance) ของ

เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 12.5-15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งสูงกว่าการใช้แรงงานคนที่ไม่มีข้อมูลชี้วัดชัดเจน แสดงถึงศักยภาพในการเพิ่มปริมาณการผลิตได้มากกว่า ประการถัดมา เครื่องต้นแบบมี อัตราการใช้พลังงาน อยู่ระหว่าง 15.60-16.96 วัตต์ต่อกิโลกรัม ซึ่งบ่งชี้ถึงความคุ้มค่าในการใช้พลังงาน

เมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิต เครื่องต้นแบบนี้ใช้เทคโนโลยีกึ่งอัตโนมัติ ช่วยลดการพึ่งพาแรงงานคน ที่มักต้องอาศัยทักษะจากภูมิปัญญาชาวบ้าน การผลิตด้วยเครื่องจักรยังช่วยเพิ่มโอกาสในการขยายผลผลิตในระดับอุตสาหกรรม (Industrial production readiness) ซึ่งวิธีดั้งเดิมไม่สามารถทำได้ นอกจากนี้ เครื่องต้นแบบยังมี ระบบความปลอดภัย ในการใช้งาน ในขณะที่วิธีดั้งเดิมไม่มีการรับรองด้านนี้อย่างเป็นทางการ ในด้านต้นทุนการดำเนินงาน การใช้เครื่องจักรช่วยลดค่าใช้จ่ายเหลือเพียง 150 บาทต่อวัน เมื่อเทียบกับ 300 บาทต่อคนต่อวัน สำหรับทีมงาน 5 คน ในการผลิตแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ของเครื่องต้นแบบใช้เวลาเพียง 1.6 ปี แสดงถึงความเป็นไปได้ในการคืนทุนและเพิ่มผลกำไรอย่างรวดเร็ว ราคาเชิงพาณิชย์ของเครื่องต้นแบบ รวมต้นทุนการดำเนินงานอยู่ในช่วง 250,000 – 350,000 บาท/ปี ซึ่งต่ำกว่าต้นทุนรวมของการผลิตแบบดั้งเดิมที่อาจสูงถึง 500,000 – 700,000 บาท/ปี ซึ่งทั้งหมดนี้สะท้อนให้เห็นว่า การนำเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติมาใช้สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน และส่งเสริมความปลอดภัยได้ดีกว่าการใช้แรงงานคน

5. สรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ผลการทดลองพบว่า เครื่องผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติสามารถผลิตได้ที่อัตราเฉลี่ย 12.5-15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือคิดเป็น

อย่างน้อย 100 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้แรงงานคน ทั้งในแง่ปริมาณและความคงที่ในการผลิต โดยความสามารถในการทำงานคงที่แม้ว่าจะมีการปรับความเร็วรอบลูกกลิ้งตัด ซึ่งส่งผลให้ได้ความยาวของแท่งกล้วยอยู่ระหว่าง 10-15 เซนติเมตร ตามที่ต้องการ ขณะที่การใช้พลังงานยังคงมีประสิทธิภาพที่ 0.200-0.205 kWh ต่อชั่วโมง โดยใช้แรงงานเพียง 2 คน ความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกล้วยสามารถควบคุมได้ตามต้องการผ่านการตั้งค่าความเร็วรอบของสกรูเพรสและลูกกลิ้งตัด ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องมีประสิทธิภาพถึง 98.26% จากการเปรียบเทียบกับการผลิตด้วยแรงงานคน พบว่าเครื่องจักรช่วยลดต้นทุนแรงงานได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยลดต้นทุนการดำเนินงานเหลือเพียง 150 บาทต่อวัน เทียบกับค่าแรงงานทีมงาน 5 คน ที่ต้องใช้ 300 บาทต่อวันต่อคน นอกจากนี้ เครื่องจักรมีระบบความปลอดภัยที่ได้มาตรฐาน ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการผลิตแบบดั้งเดิมและมีศักยภาพในการคืนทุนในระยะเวลาประมาณ 1.6 ปี เครื่องจักรนี้ช่วยลดต้นทุนแรงงานและเพิ่มผลผลิต อีกทั้งยังช่วยลดการสูญเสียของวัตถุดิบได้เกือบทั้งหมด โดยงานวิจัยนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมแปรรูปกล้วยและวิสาหกิจชุมชน โดยการพัฒนาเครื่องจักรผลิตกล้วยบดอัดแท่งแบบกึ่งอัตโนมัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนแรงงาน และเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่น นอกจากนี้ ยังช่วยลดการสูญเสียวัตถุดิบและเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์จากกล้วย ซึ่งเป็นการส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

6. ข้อเสนอแนะ

ในอนาคต ควรมีการพัฒนากระบวนการควบคุมอัตโนมัติเพิ่มเติมเพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอาศัยแรงงานคนมากเกินไป โดยเฉพาะในกระบวนการจัดการผลิตภัณฑ์ และอาจจะมีการเพิ่มฟังก์ชันการผลิตที่หลากหลายและการทดสอบในระดับการผลิตขนาดใหญ่จะช่วยขยายขีดความสามารถของเครื่อง นอกจากนี้ การบูรณาการเทคโนโลยี IoT เพื่อการตรวจสอบแบบเรียลไทม์และการใช้พลังงานทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและส่งเสริมความยั่งยืนในชุมชน นอกจากนี้ ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องของการพัฒนาวัสดุที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักร เพื่อเพิ่มความทนทานและลดต้นทุนการบำรุงรักษาในระยะยาว ซึ่งจะช่วยให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและลดค่าใช้จ่ายในการผลิต รวมทั้งการบำรุงรักษาเครื่องจักรเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากส่วนประกอบที่ซับซ้อนอาจเสื่อมสภาพได้หากขาดการดูแลอย่างเหมาะสม ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตในระยะยาว

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองส่งเสริมและประสานเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ร่วมกับสถาบันไทย-เยอรมัน ผู้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล และมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และบุคลากร เพื่อให้งานวิจัยนี้เสร็จเรียบร้อยสมบูรณ์

8. เอกสารอ้างอิง

1. Ahmed, Z., El-Sharnouby, G. A., & El-Waseif, M. A. (2021). Use of Banana peel as a by-product to increase the nutritive value of the cake. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 12(4), 87–97.
2. Atlascompany. (2023). PNG Banana flour isolated on white background. https://www.freepik.com/free-photo/png-banana-flour-isolated-white-background_275623177.htm#fromView=keyword&page=1&position=32&uuid=edfe88c4-22ce-4f54-bb47-5bbede436a60
3. Atli, A. (2023). Bananas 101: Nutrition Facts and Health Benefits. *Healthline*, <https://www.healthline.com/nutrition/foods/bananas>
4. Bezerra, C. V., Rodrigues, A. M. da C., Amante, E. R., & Silva, L. H. M. da. (2013). Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35, 1140–1146.
5. Biernacka, B., Dziki, D., RóŻyło, R., & Gawlik-Dziki, U. (2020). Banana powder as an additive to common wheat pasta. *Foods*, 9(1), 53.

6. González-Soto, R. A., Mora-Escobedo, R., Hernández-Sánchez, H., Sánchez-Rivera, M., & Bello-Pérez, L. A. (2007). Extrusion of banana starch: characterization of the extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(2), 348–356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2738>
7. Guo, J., Duan, J., Li, J., & Yang, Z. (2020). Mechanized technology research and equipment application of banana post-Harvesting: A review. *Agronomy*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy10030374>
8. Maia, B. G. D. O., Souza, O., Marangoni, C., Hotza, D., Oliveira, A. P. N. D., & Sellin, N. (2014). Production and characterization of fuel briquettes from banana leaves waste. *Chemical Engineering Transactions*, 37, 439-444. <https://doi.org/10.3303/CET1437074>
9. Naknaen, P., Charoenthaikij, P., & Kerdsup, P. (2016). Physicochemical properties and nutritional compositions of foamed banana powders (Pisang Awak, *Musa sapientum* L.) dehydrated by various drying methods. *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 13(3), 177–191.
10. Razali, S. A., Nor, M. Z. M., Anuar, M. S., Shamsudin, R., & Mohamad, W. A. F. W. (2020). Banana powder production via foam mat drying. *Advances in Agricultural and Food Research Journal*, 1(2), a0000142. <https://doi.org/10.36877/aafjr.a0000142>
11. Samsudin, N. I. P., Roslan, N. A., Nor-Khaizura, M. A. R., & Hasan, H. (2019). Shelf life extension of ambient-stored banana cake using banana powder. *International Food Research Journal*, 26(1), 305-312
12. Van Tai, N., Van Hao, H., Han, T. T. N., Giau, T. N., Thuy, N. M., & Van Thanh, N. (2024). Effect of foaming conditions and drying temperatures on total polyphenol content and drying rate of foam-mat dried banana powder: Modeling and optimization study. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101352. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101352>
13. Yap, M., Fernando, W. M. A. D. B., Brennan, C. S., Jayasena, V., & Coorey, R. (2017). The effects of banana ripeness on quality indices for puree production. *LWT*, 80, 10–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.073>