ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

การทดลองหาประสิทธิภาพและการพัฒนาเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มผลผลิตและประหยัดพลังงาน

Efficiency Testing of Semi-Automatic Brown Rice Water and Making Machine Development to Increase Production and Save Energy

รัชดาศักดิ์ สุเพ็งคำ[1], สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์[2*]

Rachadasak Supengcum[1], Suttipong Jumroonrut[2*]

[1,2*]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

[1,2*] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Thailand

[1,2*] Corresponding author. E-mail: rachadasak.s@rmutp.ac.th, suttipong.j@rmutp.ac.th

Received: 18-10-2024 ***Revised:*** 19-11-2024 ***Accepted:*** 27-12-2024

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ นำเสนอการพัฒนาเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มผลผลิต และประหยัดพลังงาน แต่ปัจจุบันยังไม่มีเครื่องที่สามารถผลิตน้ำข้าวกล้องงอกได้ในขั้นตอนเดียว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นมีระบบสั่งการทำงานด้วยตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ สามารถแก้ไขคำสั่งการทำงานของฮีตเตอร์ (Heater) และทามเมอร์ (Timer)ได้ อีกทั้งภายในถังต้มยังมีใบปั่นที่สามารถปั่นข้าวกล้องให้ละเอียดได้เร็วขึ้นเพื่อลดเวลาในการต้มได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังติดแผ่นกรองเศษภายในถังเมื่อต้มเสร็จสามารถเปิดวาล์วเอาเฉพาะน้ำเข้ากล้องมาใช้ได้เลย

จากการทดลองหาประสิทธิภาพเครื่องพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้คือสามารถลดขั้นตอนการผลิตน้ำข้าวกล้องงอกได้ สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้ โดยการเปรียบเทียบกับเครื่องเดิมคือในการผลิตน้ำข้าวกล้องงอก 1 ชั่วโมงเครื่องเดิมจะมีอัตราการผลิตอยู่ที่ 3.36 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนเครื่องที่พัฒนาขึ้นสามารถผลิตได้ 22.49 ลิตรต่อชั่วโมง ส่วนอัตราการใช้ไฟฟ้าเครื่องเดิมใช้ไฟฟ้าร้อยละ 60.38 ส่วนเครื่องที่พัฒนาขึ้นใช้ไฟฟ้าร้อยละ 39.62 ซึ่งมีความแตกต่างกันร้อยละ 20.76

คำสำคัญ : เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ผลผลิต การประหยัดพลังงาน การทดลองสมประสิทธิภาพ

ABSTRACT

The purpose of this research is to present the development of a semi-automatic germinated brown rice water machine to increase production and save energy but currently there is no machine that can produce germinated brown rice water in one step. Therefore the researcher has designed and developed a semi-automatic germinated brown rice water machine to solve this problem. The developed machine has a control system with a semi-automatic germinated brown rice water control cabinet and it can change the operation commands of the

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

heater and timer and inside the boiling tank there is a blender that can grind the brown rice faster to reduce the boiling time. In addition there is a filter inside the tank when boiling is complete, the valve can be opened to take only the water into the brown rice.

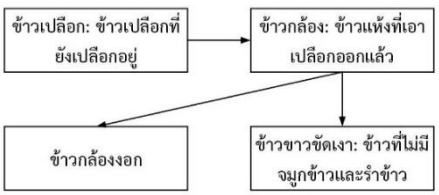
From the experiment to find the efficiency of the machine, it was found that the machine can work according to the set objectives which is to reduce the production steps of germinated brown rice water and increase production capacity that comparing with the original machine in the production of germinated brown rice water from 1 hour, the original machine has a production rate of 3.36 liters per hour while the developed machine can produce 22.49 liters per hour .The electricity usage rate of the original machine is 60.38 percent, while the developed machine is 39.62 percent which is a difference of 20.76 percent.

Keyword: Semi-automatic germinated brown rice water machine, productivity, energy saving, hypothesis testing

1. บทนำ

ข้าวกล้อง (Brown Rice) ผ่านกรรมวิธีการสีเพียงครั้งเดียว เพื่อเอาเปลือก (แกลบ) ออกไป ส่งผลให้ข้าวที่เหลือยังมีจมูกข้าว และเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว (รำ) อยู่ครบถ้วน ซึ่งจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวนี้ล้วนอุดมไปด้วยวิตามิน แร่ธาตุ และเส้นใยอาหาร จึงเป็นประโยชน์ต่อร่างกายมากกว่าข้าวประเภทอื่น ๆ วิตามินและแร่ธาตุในข้าวกล้องจะมีวิตามินและแร่ธาตุสูงกว่า ข้าวขาว ได้แก่ แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินบี 1 และไนอาซิน [1-3] แม้ว่าข้าวกล้องจะมีคุณประโยชน์สูงกว่า แต่ข้าวกล้องกลับไม่เป็นที่นิยมเท่าข้าวสีหรือข้าวขาว เนื่องจากข้าวสีมีกลิ่นอ่อน ส่งผลให้หุงไม่สะดวก และย่อยยาก ดังนั้นข้าวกล้องจึงมักงอกเพื่อให้เนื้อสัมผัสนุ่มลง [4] ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice: GBR) ถือเป็นอาหารสมบูรณ์ เนื่องจากมีเพียงเปลือกนอกสุดเท่านั้นที่ถูกลอกออก ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด [5] ผลผลิตที่ได้จากการนำข้าวกล้องแช่น้ำส่งผลให้ต้นอ่อนงอกมีความยาวประมาณ 0.5 -1.0 มิลลิเมตร [6-8] ที่บริเวณจมูกข้าว จากนั้นนำไปผ่านความร้อน หรือลดความชื้นเพื่อทำให้แห้งจะได้เป็นข้าวกล้องงอก

ความแตกต่างระหว่างข้าวขาวและข้าวกล้องงอก [9] ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงความแตกต่างระหว่างข้าวขาว และข้าวกล้องงอก

ที่มา:เจนจิรา จรรยา. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแช่ และเพาะงอกข้าวเปลือก

การนำข้าวแช่น้ำนี้เพื่อกระตุ้นให้เกิดการงอกของเมล็ดข้าว น้ำทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นการงอกของข้าวให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดข้าว การเปลี่ยนแปลงเริ่มขึ้นเมื่อน้ำแทรกซึมเข้าไปในเมล็ดข้าวโดยกระตุ้นเอมไซม์ภายในเมล็ดข้าวให้เกิดการทำงาน จากนั้นจึงทำการเพาะงอกด้วยการแช่น้ำหรือเพาะงอกหลังจากการแช่น้ำตามเทคนิคของ

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

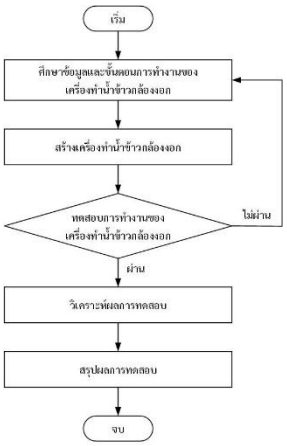
ผู้ประกอบการ เป็นระยะเวลา 24-36 ชั่วโมง [9] ในปี ค.ศ. 2020 [10] มีการศึกษา ออกแบบและพัฒนาเครื่องแช่และเพาะงอกข้าวเปลือกในขั้นตอนเดียว โดยใช้หลักการน้ำไหลผ่านข้าวเปลือกด้วยการสเปรย์น้ำเพื่อเพิ่มความชื้นแก่เมล็ดข้าว ควบคุมการเปิด-ปิดน้ำด้วยระบบอัตโนมัติ ผลลัพธ์พบว่าระยะเวลาการสเปรย์น้ำ 20 นาทีร่วมกับการพักสเปรย์ 90 นาที เป็นเงื่อนไขที่พบปริมาณสารกาบ้า (GABA) สูงที่สุด (29.77 mg g-1) โดยมีร้อยละการงอกของข้าวเปลือก 81.54 ซึ่งสูงกว่ากระบวนการดั้งเดิม ในปี ค.ศ. 2023 [11] มีการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาในการผลิต (ขั้นตอนการงอกและอบแห้ง) และเปอร์เซ็นการงอกของข้าวกล้องงอกที่ได้จากระบบการผลิตข้าวกล้องงอกแบบฉีดพ่นน้ำ (Sprayed-GBR) และแบบแช่น้ำ (Soaked-GBR) ผลลัพธ์พบว่าระบบการเพาะข้าวกล้องแบบฉีดพ่นน้ำต้องใช้เวลา 2.5 ชั่วโมงในการฉีดพ่นน้ำเพื่อให้ได้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 30 (w.b.) และใช้เวลา 26 ชั่วโมงในการบ่มเพื่อให้ได้การงอกร้อยละ 90 ส่งผลให้ระยะเวลาในการงอกสั้นลงเมื่อเทียบกับระบบการเพาะข้าวกล้องแบบแช่น้ำ (Soaked-GBR) ซึ่งต้องใช้เวลา 50 ชั่วโมงเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 90 เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกที่มีอยู่ในท้องตลาดดัดแปลงมาจากเครื่องทำน้ำธัญพืช ซึ่งจะสามารถผลิตน้ำข้าวกล้องงอกได้ในปริมาณ 1.4 ลิตรต่อครั้ง กำลังการผลิตที่ได้ในแต่ละครั้งมีปริมาณที่น้อย ตัวเครื่องใช้วิธีการต้มโดยการให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ และชุดใบมีดปั่นขับกำลังแรงด้วยมอเตอร์ในตัว แต่ในขั้นตอนการกรองจะต้องใช้ตะแกรงกรองเพื่อแยกกากข้าวกล้องงอกออกต่างหาก ซึ่งไม่ได้มีระบบกรองในตัวเครื่อง ดังนั้นในบทความวิจัยนี้ทำการการพัฒนาเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติเพื่อเพิ่มผลผลิตและประหยัดพลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์ได้แก่

1. เพื่อออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอก
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอก 3. เพื่อลดขั้นตอนในการผลิตน้ำข้าวกล้องงอก
3. เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้นในแต่ละครั้งการผลิต

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานสร้างเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานสร้างเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

2.2 การออกแบบเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

ในการออกแบบเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยสำหรับผู้บริโภค โดยเครื่องที่สร้างขึ้นใช้สแตนเลสเกรดที่ใช้สำหรับอาหารในชุดหม้อต้ม มีความสะดวกในการปฏิบัติงาน มีถังต้มขนาดใหญ่ที่สามารถผลิตได้อย่างน้อย 15 ลิตร/ครั้ง ซึ่งเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้น จะทำงานโดยใช้ฮีตเตอร์ขนาด 220 โวลต์ในการให้ความร้อน ในการทำน้ำข้าวกล้องงอก และ

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 650 วัตต์ ในการปั่น

- การคำนวณแรง

$$F = ma \quad (1)$$

โดยที่ F คือ แรง (นิวตัน)

m คือ มวล (กิโลกรัม)

a คือ อัตราเร่ง (9.81 เมตร/วินาที)

m = น้ำ 16 ลิตร + ข้าวกล้องงอก 1.5 กิโลกรัม

= 17.5 กิโลกรัม

F = 17.5 x 9.81

= 171.675 นิวตัน

- คำนวณหากำลังของมอเตอร์

1. หาความเร็วตัด

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{60} \quad (2)$$

โดยที่ v คือ ความเร็วตัด (เมตร/วินาที)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางใบปั่น (50 มิลลิเมตร หรือ 0.05 เมตร)

n คือ ความเร็วรอบ (1,450 รอบ/นาที)

$$v = \frac{\pi \times 0.05 \times 1,450}{60}$$

= 3.79เมตร/วินาที

2.หากำลังมอเตอร์

$$Pw = Fr \times v \quad (3)$$

โดยที่ P_W คือ กำลังมอเตอร์ (วัตต์)

Fr คือ แรงหมุน (171.675 นิวตัน)

v = 171.675 x 3.79

= 650.648 วัตต์

ดังนั้น กำลังมอเตอร์ที่เราใช้อยู่ที่ 650.648 วัตต์ เพื่อความเหมาะสมจึงควรเลือกใช้มอเตอร์ 700 วัตต์

-การคำนวณหาพลังงานขนาดฮีตเตอร์

การหาพลังงานของฮีตเตอร์ เมื่อมีน้ำ 16 ลิตร และต้องการให้น้ำมีอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ภายใน 20 นาที ต้องใช้ฮีตเตอร์ ขนาดดังต่อไปนี้

$$E = \frac{M \times Cp \times AT}{H \times Eff \times t} \quad (4)$$

โดยที่ E คือ พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์)

M คือ จำนวนมวลของน้ำ (16 ลิตร)

Cp คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.186 กิโลจูล/กิโลเคลวิน)

AT คือ ผลต่างอุณหภูมิของน้ำ (น้ำเย็น 25 องศาเซลเซียส เป็นน้ำร้อน 70 องศาเซลเซียส)

H คือ ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง (ไฟฟ้า 3,600 กิโลจูล/กิโลวัตต์ชั่วโมง)

Eff คือ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปพลังงาน (ในที่นี้ใช้ไฟฟ้าประมาณ 95%)

t คือ เวลาที่ใช้ (นาที)

$$E = \frac{16 \times 4.186 \times (70\text{-}25)}{(3,600 \times 0.95) \times \left(\frac{20}{60}\right)}$$

= 2,646 วัตต์

ดังนั้นพลังงานที่ต้องการ คือ 2,646 วัตต์ เพื่อความเหมาะสมจึงควรเลือกฮีตเตอร์ที่มีพลังงานไฟฟ้า 3,000 วัตต์

- การคำนวณหาปริมาตรถังต้ม

การหาปริมาตรของถังต้ม เมื่อมวลที่ต้องการใช้บรรจุภายในถัง 17.5 ลิตร

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

$$v = \left(\frac{(\pi d^2)}{4}\right) \times h \qquad (5)$$

โดยที่ v คือ ปริมาตร (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางถังต้ม (28 เซนติเมตร)

h ความสูงถังต้ม (35 เซนติเมตร)

$$V = \left(\frac{(\pi 28^2)}{4}\right) \times 35$$

= = 21,551 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= = 21.5 ลิตร

ดังนั้นถังใบนี้มีปริมาตรความจุเท่ากับ 21.5 ลิตร จึงสามารถนำมาใช้ได้

2.3 การสร้างเครื่องทำน้ำข้าวกล้องกึ่งอัตโนมัติ

- ฐานสแตนเลส

ภาพที่ 3 ฐานทำจากสแตนเลสกล่องขนาด 20 x 20 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมต่อกันเป็นโครง มีขาตั้งจำนวน 4 ขา และมีความสูง 450 มิลลิเมตร กว้าง 340 มิลลิเมตร สแตนเลสเส้นดัดให้โค้งเป็นรูปทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 285 มิลลิเมตร จากนั้นเชื่อมติดกับขาตั้งเพื่อใช้สำหรับยึดถังต้ม และปลายขานั้นออกแบบมาให้ปรับระดับความสูงได้ โดยนำน็อตมาเชื่อมติดที่ส่วนล่างของขาตั้งทั้ง 4 มุม เพื่อปรับระดับความสูง โดยนำน้อตมาเชื่อมติดที่ส่วนล่างของขาทั้ง4 มุมเพื่อปรับระดับความสูง

ภาพที่ 3 แสดงฐานสแตนเลส

- ถังต้มสแตนเลส

ภาพที่ 4 แสดงการสร้างถังต้มทำจากสแตนเลสแผ่น เกรด 304 ซึ่งมีความปลอดภัยสำหรับการทำอาหารนำมาดัดโค้งขึ้นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตร และมีความสูง 350 มิลลิเมตร และนำสแตนเลสเส้นมาเชื่อมติดกับตัวถังด้านนอกจำนวน 2 ชิ้น เพื่อทำเป็นหูจับยก ส่วนด้านในมีช่องเสียบตะแกรงเพื่อใช้กรองน้ำข้าวกล้องงอก ซึ่งกรองจะอยู่ในลักษณะโค้งขนานกับถังต้ม และทำการเจาะรูที่ก้นถังเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 16 มิลลิเมตร จากนั้นติดตั้งหัวก๊อกขนาด 16 มิลลิเมตร ตรงรูที่เจาะเพื่อใช้เปิดและปิดน้ำข้าวกล้องงอก

ภาพที่ 4 แสดงถังต้มสแตนเลส

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

- ฝาปิดถังต้ม

ภาพที่ 5 ฝาปิดถังต้ม ทำจากสแตนเลสแผ่นเกรด 304 ที่มีความหนา 2 นำมาตัดเป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร และนำเหล็กแผ่นมาเชื่อมติดเพื่อเป็นตัวครอบถัง และสำหรับฝาปิดถังต้มนั้นยังต้องเจาะรูตรงกึ่งกลางขนาด 12 มิลลิเมตร สำหรับเพลามอเตอร์ และเจาะรูขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 6 รู เพื่อจับยึดมอเตอร์จำนวน 4 รู และฮีตเตอร์ จำนวน 2 รู

ภาพที่ 5 แสดงฝาปิดถังต้ม

- ตะแกรงกรองน้ำข้าวกล้องงอก

ภาพที่ 6 ใช้ตะแกรงกรองน้ำข้าวกล้องงอกเป็นตะแกรงสแตนเลสเกรด 304 ตัดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 400 x 300 มิลลิเมตร จากนั้นดัดให้มีความโค้งขนานกับถังต้ม

ภาพที่ 6 แสดงตะแกรงกรองน้ำข้าวกล้องงอก

- ฝาครอบมอเตอร์

ภาพที่ 7 ฝาครอบมอเตอร์ทำจากสแตนเลสแผ่นพับเป็นทรงสี่เหลี่ยมขนาด 200 x 200 มิลลิเมตร เจาะรูเพื่อระบายความร้อน จำนวน 3 รู โดยเจาะรูทางด้านบนของฝาครอบมอเตอร์ เป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร และเจาะรูทางด้านซ้ายของฝาครอบมอเตอร์ เป็นทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร เพื่อติดตั้งพัดลมระบายความร้อนของมอเตอร์ และเจาะรูทรงสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ ทางขวาของฝาครอบมอเตอร์ขนาด 100 x 100 มิลลิเมตร เพื่อเป็นรูระบายความร้อนมอเตอร์ขณะทำงาน

ภาพที่ 7 แสดงฝาครอบมอเตอร์

- เสาค้ำยกฝาถังต้ม ฮีตเตอร์ และมอเตอร์

ภาพที่ 8 เสาค้ำยกฝาถังต้มทำจากสแตนเลสกล่องขนาด 20 x 20 มิลลิเมตร ตัดให้มีความยาว 1,150 มิลลิเมตร แล้วนำมาเจาะรูที่ปลายด้านหนึ่งสำหรับใช้ล็อกฝาถัง ฮีตเตอร์ และมอเตอร์ ตอนใส่วัตถุดิบและตอนนำถังต้มออกมาล้างทำความสะอาดและนำมาเชื่อมติดกับฐานสแตนเลส

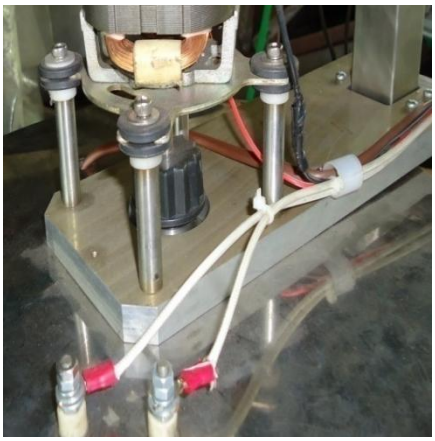
ภาพที่ 8 แสดงเสาค้ำยกฝาถัง ฮีตเตอร์ และมอเตอร์

- ตัวยึดฝาถัง และมอเตอร์กับเสาค้ำ

ภาพที่ 9 ตัวยึดฝาถังทำจากอลูมิเนียมขนาด 200 x 100 x 25 มิลลิเมตร เจาะรูขนาด 24

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

มิลลิเมตร ที่ปลายด้านหนึ่ง และอีกรูขนาด 12 มิลลิเมตร สำหรับเพลามอเตอร์ และอีก 4 รูขนาด 10 มิลลิเมตรเพื่อจับยึดตัวมอเตอร์



ภาพที่ 9 แสดงตัวยึดฝาถัง และมอเตอร์กับเสาค้ำ

- ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 700 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ดังแสดงในภาพที่ 10

ภาพที่ 10 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟสขนาด 700 วัตต์

- ติดตั้งเพลามอเตอร์

ภาพที่ 11 เพลามอเตอร์เราจะใช้สแตนเลสทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร นำมาตัดให้มีความยาว 365 มิลลิเมตร จากนั้นเจาะรูที่กึ่งกลางของปลาย (ด้านใดด้านหนึ่ง) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 1 รู สำหรับติดตั้งใบปั่น และเจาะ

ภาพที่ 11 แสดงการติดตั้งเพลามอเตอร์

- การติดตั้งใบปั่น

สำหรับภาพที่ 12 เป็นการการติดตั้งใบปั่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรอีก 2 รู เพื่อใช้สำหรับจับยึดใบปั่น ภาพที่ 12 ใบปั่นน้ำข้าวกล้องงอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร แสดงในภาพข้างล่าง

ภาพที่ 12 แสดงการติดตั้งใบปั่น

- การติดตั้งฮีตเตอร์

ภาพที่ 13 เป็นฮีตเตอร์ขนาด 3000 วัตต์ แรงดัน 220 โวลต์ ความร้อนสูงสุดที่ใช้อยู่ที่ 70 องศาเซลเซียส

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ภาพที่ 13 แสดงฮีตเตอร์ที่จะทำการติดตั้ง

- การติดตั้งตู้ควบคุมการทำงาน และพัดลมระบายความร้อนมอเตอร์

ภาพที่ 14 เป็นการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องทำนั้นข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ สำหรับภาพที่ 14 ที่พัฒนาขึ้นนั้นได้ติดตั้งอุปกรณ์ไว้กับฐานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอก หลังจากนั้นได้ทำการเดินสายไฟไปตามอุปกรณ์ต่าง ๆ และภาพที่ 15 เป็นการแสดงการติดตั้งพัดลมระบายความร้อนมอเตอร์ แรงดัน 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ 0.08 แอมแปร์ แสดงขั้นตอนดังภาพข้างล่างต่อไปนี้

ภาพที่ 14 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงาน และพัดลมระบายความร้อนมอเตอร์

- การติดตั้งพัดลมระบายความร้อน

ภาพที่ 15 เป็นการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานและพัดลมระบายความร้อนมอเตอร์ของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

ภาพที่ 15 แสดงการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงาน และพัดลมระบายความร้อนมอเตอร์

- เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นเมื่อเสร็จสมบูรณ์

ภาพที่ 16 เป็นเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นเมื่อเสร็จสมบูรณ์พร้อมทดลอง การทำงานของเครื่อง

ภาพที่ 16 แสดงเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นเมื่อเสร็จสมบูรณ์

2.4 ขั้นตอนการเตรียมการทดลองเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 1: เตรียมตารางบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 2: เตรียมข้าวกล้องงอกหอมมะลิ 105 โดยปริมาณ 1.5 กิโลกรม/ครั้ง โดยการนำข้าวกล้องมาล้างทำความสะอาด แล้วนำมาแช่น้ำ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 3: เตรียมน้ำสะอาดปริมาณ 16 ลิตร/ครั้ง

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ขั้นตอนที่ 4: ทำการปรับตั้งค่าระบบควบคุมเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

2.5 ขั้นตอนการทดลองเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

ขั้นตอนที่ 1: ใส่วัตถุดิบลงในเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 17

ภาพที่ 17 แสดงการใส่วัตถุดิบลงในเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

ในภาพที่ 17 ขั้นตอนที่ 1: เป็นการนำข้าวกล้องงอกที่เตรียมไว้ปริมาณ 1.5 กิโลกรัม และน้ำสะอาดปริมาณ 16 ลิตร ใส่ลงในถังต้ม

ขั้นตอนที่ 2: ปิดฝาถังและหมุนสวิตช์เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 18

ภาพที่ 18 แสดงการหมุนสวิตช์เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

สำหรับภาพที่ 18 เมื่อหมุนสวิตช์เพื่อเริ่มการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ฮีตเตอร์ขนาด 3,000 วัตต์จะเริ่มให้พลังงานความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้ และมอเตอร์ขนาด 700 วัตต์จะหมุนใบปั่นน้ำข้าวกล้องงอกไปพร้อมๆ กัน

ขั้นตอนที่ 3: เมื่อมีสัญญาณไฟสีแดงเกิดขึ้นหมุนสวิตช์เพื่อปิดการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 19

ภาพที่ 19 แสดงเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติทำงานอุณหภูมิถึง 70 องศาเซลเซียส

จากภาพที่ 19 เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ จะให้ความร้อนไปจนถึงอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียสตามที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที และทำการต้มในอุณหภูมิคงที่ ณ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสใช้เวลา 15 นาที จึงจะมีสัญญาณไฟสีแดงเกิดขึ้น จากนั้นทำการปิดเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติโดยหมุนสวิตช์จึงจะเสร็จขั้นตอนการต้ม ขั้นตอนที่4:นำภาชนะรองรับมารองรับน้ำข้าวกล้องงอกที่กรองแล้ว

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ภาพที่ 20 แสดงการเปิดก๊อกน้ำข้าวกล้องงอก

จากภาพที่ 20 เมื่อปิดการทำงานของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ นำภาชนะรองรับมาวางตรงก๊อกน้ำด้านล่าง และเปิดก๊อก จะได้น้ำข้าวกล้องงอกที่กรองแล้ว

ขั้นตอนที่ 5: จดบันทึกผลการทดลองลงในตาราง บันทึกผลการทดลอง

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 การทดลองเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม และแบบที่พัฒนาขึ้น

สำหรับผลของการทดลองประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมจำนวน 10 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 1 เป็นการทดลองจำนวน 10 ครั้ง เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม ใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 25 นาที/ครั้ง และสามารถผลิตน้ำข้าวกล้องงอกได้ 1.4 ลิตร/ครั้ง ความแตกต่างของเวลาซึ่งอาจขึ้นอยู่กับตัวแปร เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิน้ำก่อนต้ม จึงทำให้ระยะเวลาในการต้มแตกต่างกันเล็กน้อย หลังจากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์ผลโดยใช้การทดสอบสมมุติฐาน t-test โดยการการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องที่พัฒนาขึ้นจากระยะเวลารวมที่ใช้ของการต้มและปั่นเพื่อดูประสิทธิภาพของการทำงานจาก [12]

ตารางที่ 1 ผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมจำนวน 10 ครั้ง

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)			ปริมาณ (ลิตร)
	ต้มและปั่น	กรอง	รวม	
1	20	6	26	1.4
2	20	4	24	1.4
3	20	5	25	1.4
4	20	5	25	1.4
5	20	5	25	1.4
6	20	4	24	1.4
7	20	5	25	1.4
8	20	5	25	1.4
9	20	6	26	1.4
10	20	5	25	1.4
รวม	**200**	**50**	**250**	**14**
เฉลี่ย	**20**	**5**	**25**	**1.4**

$$t=\frac{\overline{x}-\mu}{S/\sqrt{N}},\ df=n-1 \tag{6}$$

และการทดสอบสมมุติฐานเพื่อการทดลองระยะเวลารวมที่ใช้ของการต้มและปั่นของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมกับแบบที่พัฒนาขึ้นจากสมการที่ 6-8

$$t=\frac{\overline{x_1}-\overline{x_2}}{\sqrt{sp^2\frac{1}{n1}+\frac{1}{n2}}},\ df=n_1+n_2-2 \tag{7}$$

$$sp^2=\frac{(n_1-1)sp_1{}^2+(n_2-1sp_2)^2}{n_1+n_2-2} \tag{8}$$

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ตารางที่ 2 ผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบใหม่จำนวน 10 ครั้ง

ครั้งที่	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที)			ปริมาณ (ลิตร)
	ต้มและปั่น	กรอง	รวม	
1	35.5	6.5	42	15
2	36	4.5	40.5	15
3	36	4	40	15
4	35	5	40	15
5	35	6	41	15
6	34	4	38	15
7	35	5	40	15
8	34	5	39	15
9	35	6	41	15
10	35	4	39	15
รวม	350	50	400.50	150
เฉลี่ย	**35**	**5**	**40.05**	**15**

ในตารางที่ 2 เป็นการแสดงผลการทดลองประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติจำนวน 10 ครั้งซึ่งจากตารางที่ 2 การทดลองจำนวน 10 ครั้ง เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นมีขนาดถังที่ใหญ่คือ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 280 มิลลิเมตรสูง 350 มิลลิเมตร ใช้เวลาในการผลิตเฉลี่ย 40 นาที/ครั้ง และสามารถผลิตน้ำข้าวกล้องงอกได้ 15 ลิตร/ครั้ง สำหรับความแตกต่างของเวลาซึ่งอาจขึ้นอยู่กับตัวแปร เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิน้ำก่อนต้ม จึงทำให้ระยะเวลาในการต้มแตกต่างกันเล็กน้อย

- ผลการการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดลองประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

$H_0 : \mu = 40$
$H_0 : \mu \neq 40$ เมื่อ α = 0.05

จากการทดสอบสมมุติฐานจากข้อมูลการทดลองในตารางที่ 2 และจากสมการที่ 6 ซึ่งได้ค่า t จากการคำนวณ = 0.136 เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ t ที่ได้จากเปิดตาราง t เพื่อดูค่าวิกฤตได้เท่ากับ 2.262 เมื่อ $df = 10 - 1$ สรุปยอมรับ H_0 ระยะเวลารวมที่ใช้ของการต้มและปั่นของเครื่องที่พัฒนาขึ้นจากไม่มีความแตกต่างกันโดยตั้งค่าเวลามาตรฐานไว้ที่เวลา 40 นาที

- ผลการการทดสอบสมมุติฐานเพื่อทดลองอัตราการผลิต (ลิตร/นาที)

โดยการทดสอบสมมติฐานของอัตราการผลิต ของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมกับแบบที่พัฒนาขึ้นจากข้อมูลการทดลองใน

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$
$H_0 : \mu_1 \neq \mu_2$ เมื่อ α = 0.05

ตารางที่ 1 และตารางที่ 2 และจากสมการที่ 7 และ สมการที่ 8 ซึ่งได้ค่า t ค่า P(T<=t) two-tail และค่า t Critical two-tail แสดงในตารางที่ 3 ข้างล่าง

ตารางที่ 3 ผลการการทดสอบสมมุติฐานของอัตราการผลิต ของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอก

	Old	New
Mean	0.054	0.3755
Variance	5.350	0.0001
Observations	10.00	10.00
Pooled Variance	0.90	
Hypothesized Mean Difference	0.00	
df	18.00	
t Stat	92.582	
P(T<=t) two-tail	0.00	
t Critical two-tail	2.10	

จากผลการทดสอบสมมติฐานจากตารางที่ 3 สรุปได้ว่ายอมรับ H_1 อัตราการผลิต ของการต้มและปั่นของเครื่องที่พัฒนาขึ้นกับแบบเดิมมีความ

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

แตกต่างกัน และเมื่อดูจากค่า t ที่มีค่ามากกว่า t Critical two-tail สถิตและจาก ค่า P(T<=t) two-tail ที่ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติที่กำหนดไว้เท่ากับ 0.05 เช่นกัน

3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองกำลังการผลิต

การคำนวณกำลังการผลิตเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมกับเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นจากการทดลอง 10 ครั้ง

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณผลผลิตต่อ 1 ชั่วโมง

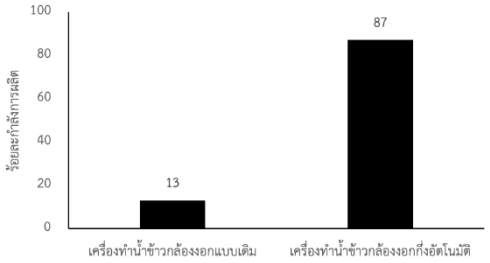
	เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม	**เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ**
ผลผลิต	1.4 ลิตร	15 ลิตร
เวลาในการผลิต 10 ครั้ง	250 นาที (4.17 ชั่วโมง)	400 นาที (6.67 ชั่วโมง)
1 ชั่วโมง ผลิตได้	14/4.17 = 3.36 ลิตร	150/6.67 = 22.49 ลิตร

3.3 การเปรียบเทียบกำลังการผลิตเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกเป็นเปอร์เซ็นต์
สำหรับกำลังการผลิตของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณกำลังการผลิต

	เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม	**เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ**
กำลังการผลิต	(3.36/25.85) x 100 = **13 %**	(22.49/25.85) x 100 = **87%**

การเปรียบเทียบร้อยละกำลังการผลิตของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมและเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบร้อยละกำลังการผลิตของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมและเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

จากภาพที่ 21 เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกที่พัฒนาขึ้นมีกำลังการผลิตร้อยละ 87 และเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมมีกำลังการผลิตร้อยละ 13 ซึ่งมีความแตกต่างกันร้อยละ 74

3.3 การเปรียบเทียบต้นทุนการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วย ตารางที่ 6 การคำนวณการใช้ไฟฟ้าในการทำน้ำข้าวกล้องงอกปริมาณ 1 ลิตร

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณการใช้ไฟฟ้า

	เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม	**เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ**
กำลังการผลิต 1 ชั่วโมง	= 3.36 ลิตร 1 ลิตร=1/3.36 = 0.298 ชั่วโมง	= 22.49 ลิตร 1 ลิตร=1/22.49 = 0.044 ชั่วโมง
จำนวนการใช้ไฟฟ้า	= (850 x 0.298)/1000 = 0.253 หน่วย	= (22.49 x 0.044)/1000 = 0.166 หน่วย

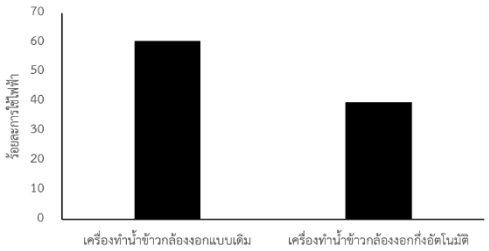
การเปรียบเทียบต้นทุนในการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยนำผลลัพธ์ที่ได้จากตารางที่ 6 มาบวกกันคือ 0.253 + 0.166 = 0.419 และแสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 7

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนเป็นเปอร์เซ็นต์ของการใช้ไฟฟ้า

	เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิม	**เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ**
จำนวนการใช้ไฟฟ้า	= (0.253/0.419) x 100 **= 60.38 %**	= (0.166/0.419) x 100 **= 39.62%**

การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์จำนวนการใช้ฟ้าฟ้าต่อหน่วยของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมและเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติดังแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 การเปรียบเทียบร้อยละการใช้ไฟฟ้าฟ้าต่อหน่วยของเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมและเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติ

จากภาพที่ 22 เครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกที่พัฒนาขึ้นมีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 39.62 และเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมมีการใช้ไฟฟ้าร้อยละ 60.38 ซึ่งมีความแตกต่างกันร้อยละ 20.76

4. สรุปผล

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติเพื่อเพิ่มผลผลิตและประหยัดพลังงานในภาคชุมชน ผลลัพธ์พบว่าเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกกึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้น สามารถใช้งานและมีคุณภาพตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เวลาในการผลิต **40** นาทีต่อน้ำข้าวกล้องงอก 15 ลิตร ซึ่งมีกำลังการผลิตต่อชั่วโมงมากกว่าเครื่องทำน้ำข้าวกล้องงอกแบบเดิมร้อยละ 74 และลดต้นทุนการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยร้อยละ 20.76

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.พิษณุ ทองขาว ที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในการจัดทำบทความนี้ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

6.เอกสารอ้างอิง

[1] แสงมณี เกิดพงษ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องงอกจากข้าวหอมแม่พญาทองดำผสมน้ำนมถั่วเหลือง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. จันทบุรี: มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี; 2565.

[2] Ren C, Hong B, Zheng X, et al. Improvement of germinated brown rice quality with autoclaving treatment. Food Science & Nutrition. 2020; 8(3): 1709–1717.

[3] Kim H, Kim OW, Ahn JH, et al. Metabolomic Analysis of Germinated Brown Rice at Different Germination Stages. Foods. 2020; 9(8): 1-10.

[4] Parnsakhorn S, Langkapin J. Effects of drying temperatures on physicochemical properties of germinated brown rice. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 2018; 40 (1): 127-134.

[5] Patil SB, Khan MK. Germinated brown rice as a value added rice product: A review. Journal of Food Science and Technology. 2011; 48(6): 661-667.

[6] Tachasirinukun P. The Development of Germinated Brown Rice Milk Fortified

ISSN 1906 – 0874, ISSN 2651-2130 (Online)

with Soybean. Vocational Education Central Region Journal. 2017; 1(2): 66-71.

[7] Banchuen J. Bio-active Compounds in Germinated Brown Rice and Its Application. [dissertation]. Songkhla: Songkla University; 2010.

[8] Bolarinwa IF, Lim PT, Muhammad K. Quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour. Food Research. 2019; 3(3): 199-207.

[9] เจนจิรา จรรยา. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแช่และเพาะงอกข้าวเปลือก. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2562.

[10] เจนจิรา จรรยา, เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา, จักรมาส เลาหวณิช, และคณะ. การออกแบบและพัฒนาเครื่องแช่และเพาะงอกข้าวเปลือกในขั้นตอนเดียว. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 2020; 26(1): 44-51.

[11] Chungcharoen T, Sansiribhanb S, Munsin R, et al. Influence of Germinated Brown Rice Production by Water Spraying Method on Its Qualities. Current Applied Science and Technology. 2023; 23(3): 1-11.

[12] Douglas C.Montgomery,Design and analysis of experiments.Hoboken, N.J.:John Wiley & Sons, 2005.