



การพัฒนาเครื่องล้างข่าเหลืองอ่อนแนวตั้งแบบกึ่งอัตโนมัติ

Development of Semi-Automatic Vertical Yellow Galangal Washing Machine.

นิรันดร์ พรหมเกษา^{1*}, วิเชียร ดวงสีเสน¹, ดวงทิพย์ ฤกษ์นิย¹

Nirun Promkesa^{1*}, Wichian Duangsrisen¹, Duangthip Rukanee¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์หันตรา, พระนครศรีอยุธยา 13000

¹Department of Farm Machinery Technology, Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Hantra District, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

*Corresponding author: Tel.: +66-9-0113-9223, E-mail: nirun.p@rmutsb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของเครื่องล้างข่าเหลืองอ่อนแนวตั้งแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการยกระดับการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยใช้นวัตกรรมเข้ามาช่วยในการทำงานแบบเดิม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดจากกระบวนการล้างข่าที่ยังใช้แรงงานคนในการล้างซึ่งใช้ระยะเวลานาน และเพื่อช่วยประหยัดน้ำ โดยเครื่องล้างข่าใช้มอเตอร์ขนาด 1.5 hp เป็นต้นกำลัง ซึ่งประกอบด้วยชุดโครงสร้างเครื่อง ชุดถังล้าง ชุดเพลาส่งกำลัง และชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ลักษณะการทำงานเหมือนเครื่องซักผ้า จากผลการทดลองพบว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่อง คือ ความเร็วรอบ 350 rpm เวลาในการล้าง 15 min ปริมาณน้ำ 40 L น้ำหนักข่าที่ 15 kg ให้ค่าความสะอาดข่าสูงสุด 92% มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3,194 W h⁻¹ สามารถล้างข่าได้ 600 kg day⁻¹ ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมลดลงร้อยละ 70 เมื่อทำงานวันละ 8 hr จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6 day และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 17 hr year⁻¹

คำสำคัญ: เครื่องล้างข่า, ข่าเหลืองอ่อน, กึ่งอัตโนมัติ

Abstract

The objectives of this research were to develop and assess the efficiency of a semi-automatic vertical light-yellow galangal washing machine. The expectation of this research was to raise the production of washing machines to higher performance. Innovation aids in traditional tasks, cuts down on labor-intensive work durations, and conserves water. The galangal washing machine uses a 1.5 hp motor as the power source, which consists of a machine structure set, a washing tank set, a power transmission shaft set, and a motor control unit. Working characteristics are similar to washing machines. The result shows that the optimum conditions for operating the machine are a speed of 350 rpm, a washing time of 15 min, a water volume of 40 L, a galangal weight of 15 kg, giving the highest galangal cleanliness value of 92%, and an electrical energy consumption rate of 3,194 W h⁻¹ that can wash 600 kg of galangal day⁻¹. An engineering economic analysis showed that the production cost per kilogram is reduced by 70% when working 8 hr day⁻¹, the break-even period was 6 days, and the break-even point was 17 hr year⁻¹

Received: September 13, 2023

Revised: March 11, 2024

Accepted: March 12, 2024

Available online: August 9, 2024

1 บทนำ

ข่า (Galanga) เป็นไม้ล้มลุกมีลำต้นใต้ดิน เจริญเติบโตเป็นกอ มีเนื้อในสีเหลืองอ่อน นำมาใช้ในการประกอบอาหาร โดยเฉพาะในประเทศไทยและประเทศอินโดนีเซีย การใช้ประโยชน์ เช่น ส่วนของเหง้าข่า ใช้สำหรับปรุงอาหารเพื่อดับกลิ่นคาว เป็นส่วนผสมในเครื่องแกง เหง้าอ่อน ต้นอ่อน และดอกอ่อน นำมารับประทานสดๆ หรือลวกให้สุกเป็นเครื่องจิ้มกับน้ำพริก เหง้าอ่อนสดสามารถนำไปปรุงเป็นอาหาร เช่น ใช้ใส่ในต้มยำ ส่วนของเหง้าแก่มีน้ำมันหอมระเหย สรรพคุณ แก้ท้องอืด จุกเสียด ลมพิษ กลากเกลื่อน ขำบดเป็นผงใช้ผสมน้ำรับประทาน เป็นยา ขับลม ลดการอักเสบของแผลในกระเพาะอาหาร ขำเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา (สุนทร, 2560)



Figure 1 Galangal.

ปัจจุบันเกษตรกรในหลายพื้นที่ของประเทศไทยปลูกข่าเป็นอาชีพเพื่อหารายได้เลี้ยงครอบครัว หรือปลูกเพื่อจำหน่ายเป็นธุรกิจ SME ของกลุ่มเกษตรกร เพราะข่าเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่หารายได้แก่ประเทศ (Sripour et.al, 2014) ราคาข่าเหลืองที่ขายกันทั่วไป โดยราคาซื้อจากรั้วต้นละ 40,000 Baht ราคาซื้อหน้าตลาดต้นละ 60,000 Baht โดย 1 ไร่จะให้ผลผลิตประมาณ 3.5 ถึง 4 ตัน การขายข่าแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข่าอ่อน เป็นข่าที่เก็บผลผลิตในช่วงเดือนที่ 6 จะมีราคากิโลกรัมละ 30-35 Baht ส่วนที่สอง ข่าแก่ เป็นข่าที่อยู่ในช่วงเก็บผลผลิตในเดือนที่ 8 ขายได้ราคากิโลกรัม 10-15 Baht เมื่อเปรียบเทียบกับข่าแก่กับข่าอ่อนแล้วอัตราส่วนในแปลงที่ขุดได้แต่ละวันจะมีข่าอ่อน 80-90 เปอร์เซ็นต์ โดยการเก็บข่าต่อไร่จะได้ปริมาณข่าเฉลี่ยประมาณ 3 - 4 ตัน (ไกรเลิศ และวีระ, 2561)

ข่าที่ทำการเก็บเกี่ยวมาจากไร่ก่อนมีการแปรรูปจำหน่ายจะต้องทำการล้างเอาเศษดินและทรายออก กระบวนการล้างข่า

แบบเดิมยังต้องอาศัยแรงงานคนในการล้างทำความสะอาด ดัง Figure 2 ส่งผลทำให้การใช้น้ำล้างทำความสะอาดปริมาณสูง ใช้เวลาในการล้างต่อครั้งนาน ได้ปริมาณข่าที่ล้างต่อครั้งจำนวนน้อย และทำให้วัตถุดิบมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอและไม่ได้มาตรฐาน ประกอบกับเครื่องจักรที่ทันสมัยต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งราคาแพงและมีต้นทุนการผลิตสูง



Figure 2 Traditional yellow galangal cleaning.

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ชุมพร และคณะ (2557) ได้สร้างเครื่องล้างข่าด้วยแรงดันน้ำ โดยมีอัตราการความเร็วรอบในการล้างที่ 385 rpm ให้อัตราการผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 300 kg hr⁻¹ ซึ่งแรงดันน้ำ และความเร็วรอบมีผลต่อการล้าง ฉัตรพล และคณะ (2559) ได้วิจัยการสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำ โดยเครื่องสามารถทำงานได้ 24,338 kg day⁻¹ เทียบกับการทำงานของเกษตรกรที่ทำได้ 1,920 kg day⁻¹ ทำให้ต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรลดลงจาก 0.30 เป็น 0.03 Baht kg⁻¹ โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของเครื่อง คือ แรงดันน้ำ ความเร็วรอบ และเวลาในการทำงาน หรือสหัสวรรษ และรักพงษ์ (2561) ได้สร้างเครื่องล้างทำความสะอาดหัวข่าแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้มอเตอร์ขนาด 1/4 hp รอบการหมุน 1,450 rpm เป็นต้นกำลัง ใช้ปั้มน้ำขนาด 0.5 hp ช่วยในการฉีดล้างเศษดินที่ติดมากับหัวข่า จากการทดสอบพบว่า หัวข่าที่น้ำหนัก 5 kg สะอาดที่สุดที่เวลา 120 s ผลต่างของน้ำหนักข่าก่อนล้างและหลังล้างเท่ากับ 0.9 kg หรือ 18% ใช้เวลาน้อยกว่าการใช้คน เท่ากับ 90.8 min เครื่องล้างหัวข่ามีปริมาณน้ำที่ใช้ต่ำกว่าใช้คนล้าง เท่ากับ 295.8 L

ด้วยเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาและสร้างเครื่องล้างข่าเหลืองอ่อนแนวตั้งแบบกึ่งอัตโนมัติ และประเมินประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น โดยคาดว่าจะ เป็นประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้เทคโนโลยีนวัตกรรมที่เหมาะสมให้กับกลุ่มเกษตรกรในกระบวนการล้างข่าต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 เครื่องล้างขำต้นแบบที่สร้างขึ้น

โดยเครื่องล้างขำที่สร้างขึ้น (Fig.3) มีขนาดความกว้าง 70 cm ความยาว 100 cm และความสูง 80 cm โดยมีส่วนประกอบหลักที่สำคัญอยู่ 4 ส่วน คือ

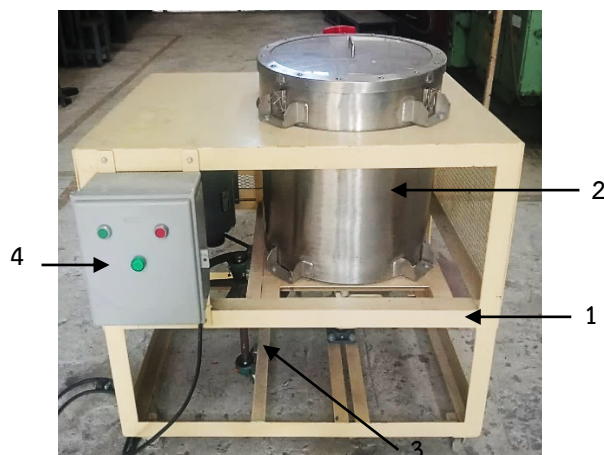


Figure 3 Galangal cleaning machine.

1) โครงสร้างเครื่อง (No.1 Fig.3) ทำหน้าที่ยึดชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้วัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนแบบรีดร้อน มีลักษณะเป็นฉากขนาดกว้าง 50.8 × 50.8 cm ความหนา 3 mm นำมาทำการตัดและเชื่อมประกอบ โดยมีขนาดความกว้าง 70 cm ขนาดความยาว 100 cm และขนาดความสูง 80 cm

2) ถังล้าง (No.2 Fig.3) ประกอบด้วยฝาปิดถังและตัวถังโดยทำจากวัสดุแผ่นสแตนเลสเกรด 304 มีขนาดความหนา 1 mm ทำการม้วนขึ้นรูปเป็นรูปทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 cm ขนาดความสูง 55 cm ตะแกรงใส่ขำทำจากสแตนเลสเกรด 304 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm นำมาตัดและทำการเชื่อมเป็นรูปทรงกระบอก โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 47 cm มีความสูง 50 cm และใบพัดทำจากวัสดุสแตนเลสเกรด 304 มีลักษณะเป็นฉากขนาดกว้าง 76.2 × 15 × 76.2 cm มีความหนา 3 mm เชื่อมติดกับจานหมุนในถังล้าง แสดงดัง Figure 4



Figure 4 Grille and impeller.

3) ชุดเพลาส่งกำลัง (No.3 Fig.3) โดยเพลารับกำลังจากมอเตอร์ขนาด 1.5 hp จากนั้นส่งถ่ายกำลังผ่านสายพานไปยังมูเลย์ทรอบที่อยู่กับเพลากลาง เพลากลางจะทำหน้าที่ส่งกำลังไปยังเพลาจานหมุน เพื่อหมุนใบพัดที่เชื่อมติดกับจานหมุนในถังล้าง ซึ่งทำให้เกิดกระแสน้ำไหลวนชะล้างทำความสะอาดขำขึ้น

4) ชุดควบคุมการทำงาน (No.4 Fig.3) ประกอบด้วยสวิตช์ควบคุมเปิด-ปิด ภายในเป็นวงจรไฟฟ้าแบ่งออกเป็นวงจรกำลังและวงจรควบคุมซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์

2.2 หลักการทำงานของเครื่องล้างขำ

ขั้นตอนแรกผู้ใช้งานเปิดวาล์วเพื่อเติมน้ำลงในถังล้างของเครื่อง และนำขำที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดเข้าทำการล้าง โดยใส่ลงในตะแกรงใส่ขำ ขั้นตอนที่สองเปิดสวิตช์การทำงานของเครื่อง ซึ่งจะควบคุมการสั่งให้ระบบต่าง ๆ ของเครื่องทำงาน สามารถกำหนดให้เป็นระบบอัตโนมัติได้ เช่น เวลาในการล้าง ความเร็วรอบขับของมอเตอร์ โดยมอเตอร์จะทำหน้าที่หมุนเพลากลางใบพัดที่ติดกับจานหมุนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดกระแสน้ำไหลวนในถังชะล้างทำความสะอาดขำขึ้น โดยมีแนวความคิดการออกแบบเหมือนเครื่องซักผ้า ส่วนตะแกรงใส่ขำวางในแนวตั้งอยู่กับที่ไม่หมุน เพื่อลดการบอบซ้ำของขำขณะทำการล้าง โดยเฉพาะการล้างขำอ่อน เมื่อเทียบกับกระบวนการล้างขำแบบใช้ตะแกรงหมุน และนำขำออกจากถังล้างเมื่อล้างเสร็จ

2.3 การทดสอบโดยใช้แรงงานคน

การทดสอบหาประสิทธิภาพโดยการใช้แรงงานคน ทำการล้างขำโดยใช้คนล้างทำความสะอาดขำน้ำหนัก 75 kg ด้วยหัวฉีดซึ่งใช้ปั๊มน้ำขนาด 1 hp เป็นตัวช่วยฉีดเพิ่มแรงดันน้ำดัง Figure 2 เพื่อใช้ฉีดเอาดินและสิ่งสกปรกออกจากขำ กำหนดให้ความเร็วของการทำงานขึ้นอยู่กับความสามารถของแรงงานคน ทำการจับเวลา ซึ่งน้ำหนักขำหลังจากล้างเสร็จ และจดบันทึกผล

2.4 การทดสอบโดยใช้เครื่องล้างข้าว

โดยเครื่องล้างข้าวที่สร้างขึ้นใช้ความเร็วรอบในการหมุนของใบพัดมี 3 ระดับ คือ 190 270 และ 350 rpm ปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างที่ 30 35 และ 40 L และเวลาที่ใช้ในการล้างแต่ละครั้งที่ 10 15 และ 20 min

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องล้างข้าว โดยนำข้าวเหลืองอ่อน (Figure 5) ที่ยังไม่มีการล้างเป็นวัสดุในการทดลอง นำมาแบ่งเป็นกองกองละ 1 kg ต่อการล้าง 1 ครั้ง



Figure 5 galangal.

ในการล้างข้าวแต่ละการทดสอบ จะทำการชั่งน้ำหนักก่อนล้าง น้ำหนักหลังจากการล้าง บันทึกข้อมูล และนำข้อมูลจากการทดสอบไปคำนวณหาความสามารถในการทำงานของเครื่องล้างข้าว ซึ่งมีสมการค่าชี้ผลการศึกษาดังนี้

ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดข้าว C คือ ค่าความสะอาดที่เครื่องล้างสามารถทำได้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1 ดังต่อไปนี้ (สุกัญญา และคณะ, 2545)

$$C = ((Ms1 - Ms2)/Ms1) \times 100\% \quad 1$$

เมื่อ C = ความสะอาด (%)

Ms1 = สัดส่วนน้ำหนักดินต่อน้ำหนักข้าวก่อนทำความสะอาด (g)

Ms2 = สัดส่วนน้ำหนักดินต่อน้ำหนักข้าหลังทำความสะอาด (g)

ความสามารถในการทำงาน ($kg\ h^{-1}$) โดยพิจารณาจากการทำงานได้จริงของเครื่องต่อหน่วยเวลา สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2 ดังต่อไปนี้ (สหัสวรรษ และรักพงษ์, 2561)

$$Q = \frac{M}{t} \quad 2$$

เมื่อ Q = อัตราการทำงาน ($kg\ h^{-1}$)

M = น้ำหนักข้าทั้งหมด (kg)

T = เวลาที่ใช้ทั้งหมด (h)

2.5 การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อคัดเลือกโครงการหรือ บริการ ซึ่งมีความมุ่งหมายเพื่อประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับการลงทุน (วันชัย และช่อม, 2538) โดยมีหลักการคิดดังต่อไปนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost) ต้นทุนเริ่มแรก คือ ค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น
- 2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost) ต้นทุนในการดำเนินการ มี 2 แบบ คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) คือ ค่าที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องล้างข้าว และค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือ ค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าไฟฟ้า จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณของข้าที่นำมาล้างด้วยเครื่อง
- 3) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการล้างข้าว ดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ 3

$$AC = FC + VC \quad 3$$

เมื่อ AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการล้างข้าว (Baht Year⁻¹)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องล้างข้าว (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

VC = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

ค่าเสื่อมราคา คิดจากสมการที่ 4

$$D = \frac{P-S}{L} \quad 4$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน คิดจากสมการที่ 5

$$R = \left(\frac{P+S}{2}\right) \times I \quad 5$$

เมื่อ P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องล้างข้าว (Baht)

L = อายุการใช้งานเครื่องล้างข้าว = 10 (year)

S = ราคาเครื่องใช้งานครบ 10 ปี = 0.1P (Baht)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (Baht year⁻¹)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (Baht year⁻¹)

I = อัตราดอกเบี้ยที่ 10% year⁻¹

4) จุดคุ้มทุน (Blank et.al, 1998) ดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ 6

$$BEPs = \frac{FC}{(SUu - VCu)} \quad 6$$

เมื่อ BEPs = จุดคุ้มทุน (unit year⁻¹)
VCu = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (Baht unit⁻¹)
SUu = ค่าจ้างต่อหน่วย (Baht unit⁻¹)

5) ระยะเวลาคืนทุน ดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ 7

$$PBP = \frac{MC}{p} \quad 7$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (year)
MC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง (Baht)
p = กำไร (Baht year⁻¹)

2.6 การออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองโดยใช้วิธีการของทาгуชิ (Roy, 2001) ซึ่งเลือกการออกแบบจากปัจจัย เพื่อให้มีคุณภาพเป้าหมายตามที่กำหนดของผลิตภัณฑ์ สำหรับลักษณะการเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานตามอัตราส่วนของ Signal to Noise โดยจะดำเนินการทดลองตาม Orthogonal Arrays แบบ L9 (3³) เพื่อรวบรวมข้อมูลที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง

จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณจากค่า S/N (Larger is better) มาวิเคราะห์อิทธิพลปัจจัยในการทำความสะอาด เพื่อหาผลกระทบของปัจจัยต่างๆและวิเคราะห์ค่าที่มีอิทธิพลสูงสุดจากสมการที่ 8

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad 8$$

เมื่อ S/N คือ อัตราส่วนของความสะอาดในแต่ละการทดลอง

n คือ จำนวนการทดลองซ้ำในแต่ละการทดลอง

y_i คือ ค่าตอบสนองในแต่ละการทดลอง

3 ผลและวิจารณ์

3.1 ค่าเฉลี่ยของ S/N

จากผลการทดลองล้างทำความสะอาดฆ่าโดยเครื่องที่พัฒนาขึ้น (Table 1) ซึ่งทำการทดสอบตามตัวแปรที่กำหนดไว้พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความสะอาดจะเปลี่ยนไปตามปัจจัย ความเร็วรอบ เวลา และปริมาณของน้ำ ที่ปรับเปลี่ยนตามกระบวนการล้าง จากซึ่งความสามารถในการทำความสะอาดของเครื่องที่พัฒนาขึ้นอยู่ที่ 65.37 - 87.75% อัตราส่วน S/N อยู่ระหว่าง 36.30 - 38.86 โดยค่าเฉลี่ยของ S/N อยู่ที่ 37.77

Table 1 Experimental results according to the Taguchi experimental design.

Experiments	Speed (rpm)	Time (min)	Water (Liter)	Cleanliness (%)	S/N
1	190	10	30	65.37	36.30
2	190	15	35	71.49	37.08
3	190	20	40	73.25	37.29
4	270	10	35	74.15	37.40
5	270	15	40	82.48	38.32
6	270	20	30	79.03	37.95
7	350	10	40	80.83	38.15
8	350	15	30	87.75	38.86
9	350	20	35	85.45	38.63

3.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในการทำความสะอาด
การวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยในการทำความสะอาด (Table2) พบว่าถ้าค่า S/N ของปัจจัยควบคุมใดมีค่ามาก

หมายความว่าที่ระดับปัจจัยควบคุมนั้นจะมีผลทำให้คุณภาพของวัสดุออกมามีประสิทธิภาพดี

Table2 Analysis of the influence of factors based on the average S/N-Ratio of galangal cleanliness.

Factor	S/N-Ratio			max-min
	Level 1	Level 2	Level 3	
Speed	36.90	37.90	38.55	1.65
Time	37.29	38.09	37.96	0.81
Water	37.71	37.71	37.92	0.22

จากการวิเคราะห์หาค่าร้อยละของอิทธิพลปัจจัยหลัก (%main effect) ของแต่ละปัจจัยพบว่า ความเร็วรอบ (Speed) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่า S/N เฉลี่ยของการทำความสะอาดของข่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.57 รองลงมาคือ เวลา (Time) คิดเป็นร้อยละ 29.85 และปริมาณน้ำ (Water) คิดเป็นร้อยละ 7.69 ซึ่งนำมาสร้างกราฟผลตอบสนอง S/N ของแต่ละปัจจัย คำนวณโดยใช้โปรแกรม Minitab19 ได้ผลความสัมพันธ์ของอิทธิพลของปัจจัยดัง (Figure 6)

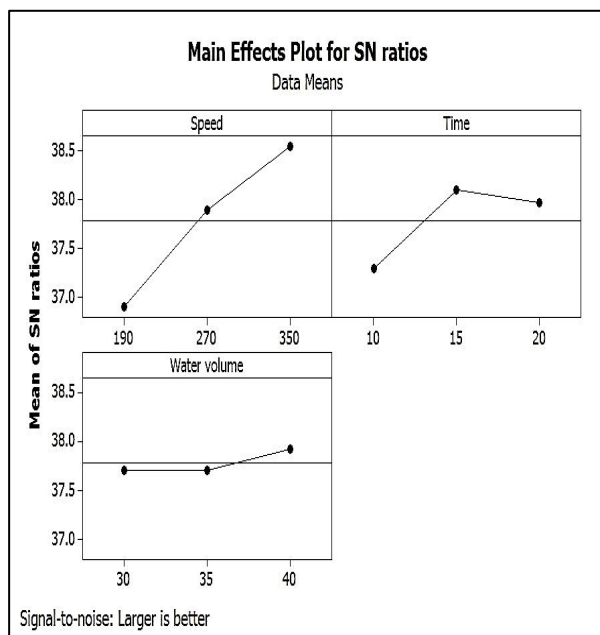


Figure 6 Relationship of factor-value influence level S/N.

จาก (Figure 6) พบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยเวลา (Time) กับปริมาณน้ำ (Water) มีผลต่อค่า S/N ความสะอาดของข่าน้อย เมื่อเทียบกับระดับปัจจัยความเร็วรอบ (Speed) โดยความเร็วรอบที่ระดับ 3 ให้ค่า S/N ความสะอาดมากที่สุดที่ 38.55 ดังนั้นเงื่อนไขเหมาะสมของเครื่อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดของเครื่องล้างข่าที่ดีที่สุด คือ ความเร็วรอบในการล้างระดับที่ 3 คือ 350 rpm เวลาในการล้างระดับที่ 2 คือ 15 min และใช้ปริมาณน้ำ ระดับที่ 3 คือ 40 L

3.3 ผลการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่อง

เมื่อได้เงื่อนไขในการล้างที่เหมาะสมของเครื่องล้างข่าแล้ว จากนั้นนำข่ามาทดลองล้าง (Figure 6) โดยได้กำหนดปริมาณข่าในการล้างต่อรอบที่ 15 20 25 และ 30 kg เพื่อเปรียบเทียบหาความสามารถในการทำงานของเครื่อง จากผลการทดสอบพบว่า จำนวนปริมาณข่าที่ใส่เข้าเครื่องล้างมีผลต่อความสามารถในการล้าง โดยการล้างข่าที่ปริมาณ 15 kg ให้ค่าความสะอาดข่า สูงสุดที่ 92% เมื่อเทียบกับปริมาณข่าที่ 30 kg เครื่องล้างมีความสามารถล้างข่าสะอาดน้อยสุดที่ 80.2% เนื่องจากกำลังของเครื่องทำงานหนักขึ้นเมื่อปริมาณข่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการทำงานของเครื่องลดลง

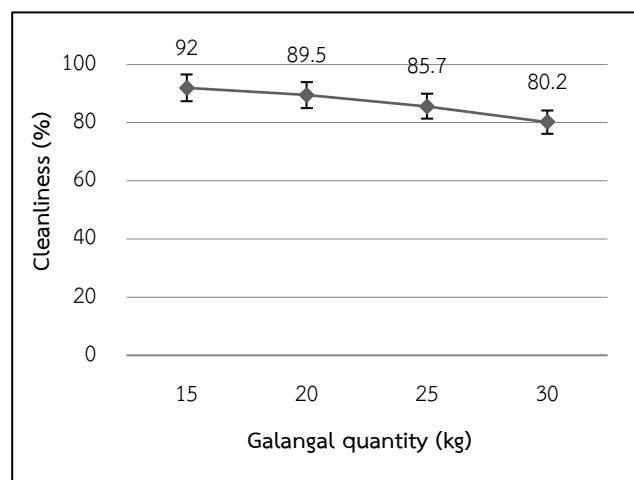


Figure 7 The cleaning ability of the galangal washing machine.

3.4 ผลการทดสอบหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า

การล้างข่าในการทดสอบการทำงานของเครื่องจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในการให้พลังงานแก่มอเตอร์ ซึ่งเครื่องล้างข่านี้ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง จาก (Figure 8) การเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการล้างข่าต่อรอบที่ 15 min และได้กำหนดปริมาณข่าในการล้างที่ 15 20 25 และ 30 kg จากผลการทดลองพบว่า การล้างข่าต่อรอบที่ปริมาณ 15 kg มีอัตราการใช้ปริมาณไฟฟ้าน้อยที่สุดคือ 798.5 W เมื่อเทียบกับปริมาณของข่าที่ 30 kg มีอัตราการใช้ปริมาณไฟฟ้าสูงสุด คือ 851 W เนื่องจากต้นกำลังของเครื่องทำงานหนักขึ้นเมื่อมีภาระโหลดเพิ่มขึ้น ทำให้อัตราการใช้พลังงานยิ่งเพิ่มสูงขึ้น

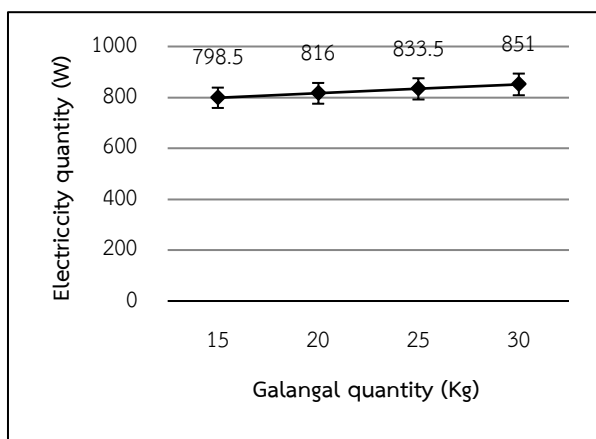


Figure 8 Electricity consumption rate of the galangal washing machine.

3.5 ผลการเปรียบเทียบการใช้เครื่องล้างข่ากับการล้างแบบเดิม

ในการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างการใช้เครื่องล้าง ข่า กับ แรงงานคนล้างข่า โดยกำหนดปริมาณข่าในการล้าง 75 kg (Table 3) พบว่าการล้างข่าโดยเครื่องที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการล้าง 60 min ซึ่งล้างได้เร็วกว่าการล้างโดยใช้แรงงานคน ซึ่งใช้เวลาถึง 160 min เนื่องจากการล้างข่าด้วยเครื่องเป็นการใช้เครื่องทุ่นแรงทำให้ล้างข่าได้เร็วกว่าการใช้แรงงานคน ส่วนปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างข่าพบว่าการล้างข่าโดยใช้เครื่องใช้ปริมาณน้ำในการล้างที่ 200 L ต่อการล้างข่า 75 kg น้อยกว่าการใช้แรงงานคนถึง 50 L เนื่องจากการล้างโดยใช้แรงงานคนไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำในการล้างได้ และเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณไฟฟ้า การล้างข่าโดยเครื่องมีค่าใช้จ่ายที่มากกว่าการล้างข่าโดยใช้แรงงานคนที่ 3.75 Baht time⁻¹

Table 3 Comparison results between the use of the galangal washing machine and the traditional galangal washing machine.

Method	Time (min)	Amount of water (L)	Electricity charge (Baht)
Manual	160	250	15.25
Galangal washing Machine	60	200	19
Difference	100	50	3.75

3.6 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม โดยคิดที่ราคาต้นทุนการสร้างเครื่อง 20,000 Baht มีอายุการใช้งาน 10

year ประเมินจากผู้ผลิต โดยการประเมินอัตราดอกเบี้ยที่ 7% (2566) ใช้ผู้ควบคุมเครื่อง 1 คน มีความสามารถในการทำงาน 600 kg day⁻¹ อัตราสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3,194 W hr⁻¹ ทำงานวันละ 8 hr ค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่อง 319.5 Baht day⁻¹ มีระยะเวลาในการคืนทุนที่ 6 day และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 17 hr year⁻¹

4 สรุป

เครื่องล้างข่าเหลืองอ่อนแนวตั้งแบบกึ่งอัตโนมัติที่ได้ทำการสร้างขึ้น ซึ่งการทดสอบหาประสิทธิภาพโดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสมในการทำความสะดวกที่ความเร็วรอบการหมุนล้าง 350 rpm เวลาในการล้าง 15 min และใช้ปริมาณน้ำที่ 40 L ให้ประสิทธิภาพในการล้างทำความสะอาดข่า 15 kg ได้เฉลี่ยสูงสุดที่ 92% อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3,194 W h⁻¹ สามารถลดแรงงานคนได้ 1 คน ความสามารถในการทำงานได้ 600 kg day⁻¹ และผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมลดลงร้อยละ 70 เมื่อทำงานวันละ 8 hr จะมีระยะเวลาคืนทุนที่ 6 day และจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 17 hr year⁻¹

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ที่สนับสนุนเครื่องมือในการดำเนินการทำงานวิจัย และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่ได้สนับสนุนเงินงบประมาณการทำวิจัยในครั้งนี้

6 เอกสารอ้างอิง

- ไกรเลิศ ทวีกุล, วีระ ภาคอุทัย. 2561. บทเรียนชุดที่ 4 พืชเศรษฐกิจในครัวเรือน. แหล่งที่มา: <https://risned.kku.ac.th>. เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.
- ฉัตรพล พิมพ์, สุประวิทย์ เมืองเจริญ, จีรัฐติกุล กล้าหาญ, ปิติชน เปี่ยมบริบูรณ์, ธงชัย อรัญชัย. 2559. โครงการวิจัยการสร้างเครื่องล้างหัวมันเทศโดยใช้แรงดันน้ำและชุดอบแห้ง. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.
- ชุมพร ชันโท, ธรณินทร์ ไชยเจริญ, สหภูมิ ภัควันต์, กุลชาติ จุลเพ็ญ. 2557. การสร้างเครื่องล้างข่าด้วยแรงดันน้ำ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 3947(13).
- วันชัย วิจิตรนิช, ชุ่ม พลอยมีค่า. 2538. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สหัสวรรษ ภูจิระ, รักพงษ์ ชันฉวี. 2561. เครื่องล้างทำความสะอาดหัวข้าวแบบกึ่งอัตโนมัติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 9(3), 1-16.

สุกัญญา จัตตพรพงษ์, อุทัย คั่นโธ, วิลาวัณย์ ประจวบวัน, ไชยยงค์ ทาราช. 2546. เครื่องทำความสะอาดแบบแห้งและชุดผิวหัวมันสำปะหลัง. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4 ประจำปี 2546, 75. เคยูโฮม. 13-14 มีนาคม 2546 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

สุนทร ปุณโณทก. 2557. ข่าสมุนไพรร. แหล่งที่มา: <https://medthai.com>. เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2566.

Blank, L.T., Tarquin, A.J. 1998. Engineering Economy. Singapore: Mc Graw Publishing.

Roy, R.K. 2001. Design of Experiments using the Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement. New York: John Wiley & Sons.

Sriporn, W., Nakanyapattara, J. 2014. Effect of Alpinia galangal essential oil on bacteria spoilage. In: Proceedings of the 26th Annual Meeting of the Thai society for biotechnology and international conference, 382-287. (In Thai)