

การออกแบบ ประเมินสมรรถนะ และ ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ของเครื่องสับกระถิน สำหรับใช้เป็นอาหารของโคเนื้อ

Design, performance evaluation, and economic feasibility of a river tamarind (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) shredder for use as cattle feed

ณัฐวุฒิ พลศรี^{1*}, พิศาล สมบัติวงศ์² และ กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ³

Natawut Ponsri¹, Pisarn Sombatwong² and Ganokgarn Jirasirilerd³

Received: 11 July 2024 ; Revised: 10 September 2024 ; Accepted: 21 October 2024

บทคัดย่อ

การใช้แรงงานคนในการสับกระถินสำหรับเตรียมอาหารสัตว์ โดยเฉพาะโคเนื้อ ยังคงเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานและไม่ประหยัดต้นทุน อีกทั้งยังอาจส่งผลกระทบต่อความสม่ำเสมอของขนาดกระถิน ซึ่งมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของโคเนื้อ ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยกระถินสำหรับเป็นอาหารโคเนื้อ ประเมินสมรรถนะการสับย่อยกระถิน และศึกษาระยะเวลาคืนทุนของเครื่องสับย่อย การวิจัยได้ทำการออกแบบเครื่องสับย่อยกระถินที่ติดตั้งมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ใช้ใบมีดสับจำนวน 3 ใบ จากนั้นทำการทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการสับย่อยกระถินด้วยการวัดระยะเวลาในการสับย่อย 2 กิโลกรัม และเปรียบเทียบกับ การสับย่อยด้วยการสับด้วยแรงงานคน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่องสับกระถินที่พัฒนาขึ้นสามารถลดเวลาการทำงานได้ถึง 94% เมื่อเทียบกับการใช้แรงงานคน โดยเครื่องใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 61 วินาทีในการสับย่อยกระถิน 2 กิโลกรัม ในขณะที่แรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 952 วินาที นอกจากนี้ กระถินที่สับด้วยเครื่องมีความละเอียดและสม่ำเสมอกว่ากระถินที่สับด้วยแรงงานคน ซึ่งส่งผลดีต่อกระบวนการย่อยอาหารของโคเนื้อ จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า เครื่องสับกระถินสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 42 วัน เมื่อใช้เลี้ยงโคเนื้อจำนวน 7 ตัว ทั้งนี้ระยะเวลาคืนทุนจะสั้นลงเมื่อเลี้ยงโคเนื้อจำนวนมากขึ้น ดังนั้นเครื่องสับกระถินนี้จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความสะดวกในการทำงานของเกษตรกร ลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในฟาร์มปศุสัตว์ขนาดกลางถึงใหญ่

คำสำคัญ: กระถิน, เครื่องสับ, โคเนื้อ

Abstract

Manual labor for chopping *Leucaena* to prepare animal feed, particularly for beef cattle, remains a time-consuming and inefficient process. Moreover, it can affect the consistency of *Leucaena* size, which impacts the digestion efficiency of beef cattle. Therefore, this research aims to design and build a *Leucaena* shredding machine for beef cattle feed, evaluate its performance, and study the payback period of the shredder. The study designed a *Leucaena* shredder equipped with a 2-horsepower motor and three shredding blades. The machine was tested to assess its performance by measuring the time taken to shred 2 kilograms of *Leucaena* and comparing the results with manual shredding. The results showed that the developed *Leucaena* shredder reduced working time by 94% compared to manual labor, with the machine taking an average of 61 seconds to shred 2 kilograms of *Leucaena*, while manual

^{1,3} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

² อาจารย์ สาขาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ

^{1,3} Assistant Professor, Department of Industrial and Environmental Management Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University

² Lecturer, Department of Industrial and Environmental Management Engineering, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Sisaket Rajabhat University

* Corresponding author: E-mail: natawut.p@sskru.ac.th

labor took an average of 952 seconds. Additionally, the *Leucaena* shredded by the machine was finer and more uniform than that shredded by hand, which positively affects the digestion process in beef cattle. Economic analysis revealed that the *Leucaena* shredder could achieve a payback period within 42 days when used for feeding seven beef cattle, and the payback period shortens with an increased number of cattle. Therefore, this *Leucaena* shredder is an efficient tool for improving farmers' convenience, reducing animal feed production costs, and being effectively utilized in medium to large-sized livestock farms.

Keywords: *Leucaena*, shredder, beef cattle

บทนำ

การเลี้ยงโคเนื้อเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่สำคัญและแพร่หลายในประเทศไทย โดยมีโคเนื้อทั้งหมดประมาณ 9.9 ล้านตัว ซึ่งกระจายอยู่ในแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ 1.5 ล้านตัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5.5 ล้านตัว ภาคกลาง 1.7 ล้านตัว และภาคใต้ 1.2 ล้านตัว โดยจังหวัดที่มีการเลี้ยงโคเนื้อมากที่สุด ได้แก่ สุรินทร์ นครราชสีมา อุบลราชธานี บุรีรัมย์ และศรีสะเกษ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์, 2567) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้การเลี้ยงโคเนื้อได้รับความนิยมเกิดจากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เหมาะสม รวมถึงความต้องการบริโภคเนื้อโคคุณภาพสูงที่เพิ่มขึ้นทั้งในและต่างประเทศ

ปัจจุบันการใช้พืชกระถิน (*Leucaena leucocephala*) ในการเลี้ยงโคเนื้อกำลังได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากกระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีนในใบและกิ่งอ่อน และสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี (สุวิช บุญโปร่ง, 2558) อย่างไรก็ตาม การใช้กิ่งอ่อนของกระถินเป็นอาหารสัตว์ยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากต้องมีการลดขนาดหรือสับให้เหมาะสมกับการบริโภคของสัตว์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เวลาและแรงงานมาก (Kumar & Kumar, 2015)

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การวิจัยหลายชิ้นได้มุ่งพัฒนาเครื่องสับย่อยที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อลดภาระงานของเกษตรกร (Lomchangkum *et al.*, 2024) เครื่องสับย่อยที่จำหน่ายในตลาดมีรูปแบบหลากหลาย ออกแบบมาเพื่อการใช้งานทั่วไปในภาคเกษตรกรรม แต่ไม่ตอบสนองความต้องการเฉพาะ เช่น การสับย่อยกระถินซึ่งมีเนื้อไม้กึ่งแข็งและมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากวัสดุอื่น ๆ

ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยกระถินที่ปรับแต่งเพื่อให้เหมาะสมกับการสับย่อยพืชชนิดนี้โดยเฉพาะ ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสับวัสดุให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและสม่ำเสมอ อีกทั้งเครื่องที่พัฒนายังใช้มอเตอร์ขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อเพิ่มความคุ้มค่าในการใช้งานในฟาร์มขนาดเล็ก ลดต้นทุนการบำรุงรักษา และการดำเนินงานเมื่อเทียบกับเครื่องที่มีจำหน่ายทั่วไป

การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยกระถินที่มีประสิทธิภาพ ประเมินสมรรถนะการสับกระถินสำหรับใช้เป็นอาหารโคเนื้อ และศึกษาระยะเวลาดำเนินการของเครื่องสับย่อยกระถิน การพัฒนาเครื่องสับย่อยนี้มีเป้าหมายไม่เพียงแต่ช่วยลดภาระงานของเกษตรกรเท่านั้น แต่ยังมุ่งเสริมสร้างประสิทธิภาพในการเลี้ยงโคเนื้อ และสนับสนุนอุตสาหกรรมการเกษตรในประเทศไทยให้เติบโตอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ และทฤษฎี ที่เกี่ยวข้อง

1. ต้นกระถิน (แหล่งที่มาและลักษณะของกระถิน)

กระถิน (*Leucaena*) ดัง Figure 1 จัดเป็นได้ทั้งพืชผัก สมุนไพร และไม้เศรษฐกิจ เนื่องจากสามารถนำส่วนของยอด ดอก และฝักมารับประทานเป็นอาหาร ใช้ในด้านสมุนไพร ใช้เป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ ซึ่งในการให้อาหารโคเนื้อที่มีขนาด 500 กิโลกรัม หากใช้กระถินเป็นอาหารจะมีสูตรเบื้องต้นดัง Table 1

Table 1 Feeding Beef Cattle (Weight 500 kg) (สุวิช บุญโปร่ง, 2558)

Type of Food	kg/day	Main Nutrients
Fresh <i>Leucaena</i>	10	Protein, Fiber
Ground Corn	3	Energy
Soybean Meal	1	Protein
Hay	2	Fiber, Energy
Mineral Supplements	0.5	Vitamins, Minerals
Clean Water	Always Available	-



Figure 1 Characteristics of *Leucaena* and *Leucaena* Weight Measurement

ในส่วนของเนื้อไม้กระถินสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดากในอุตสาหกรรม ไม่ใช้สอย และใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยมีข้อมูลทางกายภาพและทางกลเบื้องต้นดัง Table 2

Table 2 Conditions and Shear Strength of *Leucaena leucocephala* (บุญส่ง สมเพาะ และคณะ, 2555)

Species	conditions	Shear Strength (MPa)
Leucaena	air dry	16.6
	green	12.3

2. การสร้างเครื่องสับ

การออกแบบเครื่องสับต้นกระถิน มีสมการที่เกี่ยวข้อง คือ การคำนวณแรงเฉือนที่ต้องใช้ (Shear Force) ดังสมการ (1) โดยคำนวณจากพื้นที่หน้าตัดและค่าต้านทานแรงเฉือนของต้นกระถิน (Figure 2) การคำนวณแรงบิดที่ใช้ในการสับดังสมการ (2) การคำนวณกำลังที่ต้องการดังสมการ (3) และคำนวณกำลังที่ต้องใช้จากสมการ (4) เพื่อหาขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสม(Norton, 2010)

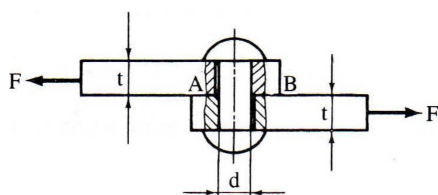


Figure 2 Shredded *Leucaena* Branches

A. Shredded by Manual Labor (Size varies, 2-4 cm)

B. Shredded by Shredder Machine (Size 1-2 cm)

$$F = \tau \times A \quad (1)$$

โดยที่ F คือ แรงเฉือน Shear Force (N)
 τ คือ ค่าความต้านทานแรงเฉือนของวัสดุ (N/m^2)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของวัตถุ (m^2)
 คำนวณแรงบิดที่ใช้ในการสับ

$$T = F \times r \quad (2)$$

โดยที่ T คือ แรงบิดที่กระทำ Torque ($N \cdot m$)
 F คือ แรงที่ใช้ในการตัด (N)
 r คือ รัศมีของเพลารวมกับระยะใบมีด (m)

คำนวณกำลังที่ต้องการสามารถคำนวณได้จากสมการกำลังทางกลศาสตร์

$$\omega = \frac{2\pi \times RPM}{60} \quad (3)$$

โดยที่ ω คือ ความเร็วเชิงมุม Angular Velocity (rad/s)

RPM คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)

$$P = \frac{T \times \omega}{1000} \quad (4)$$

โดยที่ P คือ กำลังที่ต้องการ (kW)

T คือ แรงบิดที่กระทำ ($N \cdot m$)

ω คือ ความเร็วเชิงมุม (rad/s)

$$P_{actual} = \frac{P}{\eta} \quad (5)$$

โดยที่ P_{actual} คือ กำลังที่ต้องใช้ (kW)

η คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ (%)

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องสับกระถินหลังจากที่ได้รวบรวมข้อมูล เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ค่าความต้านทานแรงเฉือน (Table 2) ของกระถินที่จะนำมาสับ จากนั้นจึงได้นำข้อมูลมาออกแบบเครื่องสับกระถินโดยมีขั้นตอนดัง Figure 3

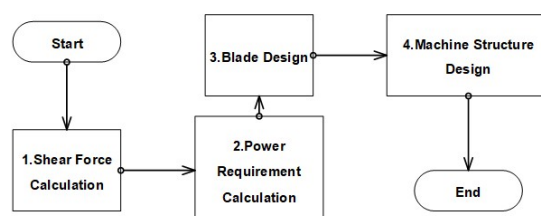


Figure 3 Design Process of the *Leucaena* Shredder

เริ่มจากการคำนวณแรงเฉือนที่ต้องใช้ โดยผู้วิจัยได้ปรับลดค่าแรงเฉือน (Shear Strength) จากค่าอ้างอิงเดิม 12.3 MPa ดัง Table 2 ลงเป็น 0.5 MPa เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง โดยการลดค่าแรงเฉือนดังกล่าว มีสาเหตุดังนี้

1. ลักษณะของกระถินเป็นพืชเนื้ออ่อน

กระถิน (*Leucaena leucocephala*) เป็นพืชที่มีเนื้ออ่อนและมีโครงสร้างเส้นใยที่ไม่แข็งเหมือนไม้เนื้อแข็งทั่วไป ซึ่งการตัดหรือเฉือนพืชประเภทนี้จึงต้องการแรงเฉือนที่น้อย อีกทั้งในงานวิจัยได้เลือกใช้กระถินสด โดยจะยังคงความชื้นเดิมอยู่ ซึ่งจะส่งผลให้ต้องใช้แรงเฉือนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นในกิ่งกระถินที่ลดลง

2. ประสิทธิภาพการใช้ใบมีดที่คมสูง

การใช้ใบมีดที่คมในการตัดพืชมีผลอย่างมากต่อการลดแรงต้านในการฉีกพืช ใบมีดที่คมช่วยให้การตัดวัสดุเป็นไปได้ง่ายขึ้น ซึ่งช่วยลดแรงเสียดทานและแรงเฉือนที่ต้องใช้ในการสับพืช กระบวนการเป็นพืชเนื้ออ่อนยังทำให้การตัดฉีกด้วยใบมีดคมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. สภาพการใช้งานจริงและการออกแบบเพื่อความประหยัดพลังงาน

การลดค่าแรงเฉือนนี้ยังสอดคล้องกับการควบคุมงบประมาณในการออกแบบเครื่อง ให้ประหยัดงบประมาณและสามารถใช้มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กลงได้ การใช้แรงเฉือนที่ลดลงจึงทำให้สามารถเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2 HP ได้ และเมื่อทดสอบใช้งานจริงแล้วยังคงรักษาความสามารถในการสับวัสดุได้ดีโดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของมอเตอร์

ในส่วนของชุดใบมีดสับ โดยใบมีดสับจะใช้ใบมีดของเครื่องสับหญ้า (2.5" x 9" x 5mm High Carbon Steel Straight Grass Cutting Blade) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (Figure 4) โดยลักษณะส่วนประกอบของชุดใบมีดสับถูกติดตั้งขนานกับแนวแกนเพลาลำดับ 3 ใบมีด (Figure 4) จากนั้นจึงได้ออกแบบส่วนรับ (Inlet) และด้านทางออก (Outlet) ให้มีขนาดเหมาะสมกับกำลังสับของเครื่องสับ (Figure 5) จากนั้นจึงออกแบบโครงสร้างเครื่องสับให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับแรงกระทำทั้งหมด โดยคำนึงถึงการประกอบและการใช้งานจริง ขั้นตอนสุดท้ายคือการทดสอบเครื่องสับเพื่อประเมินประสิทธิภาพและปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง

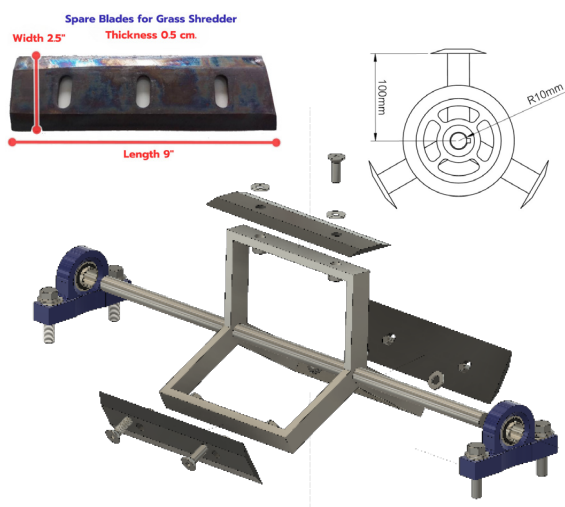


Figure 4 Components of the Leucaena Shredding Blade Assembly

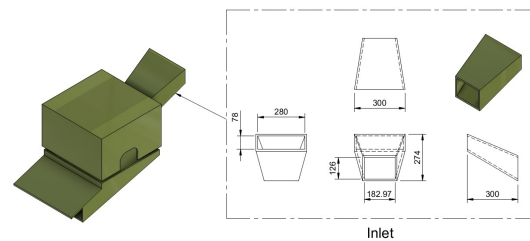


Figure 5 Inlet of Leucaena Shredder

ในการออกแบบและสร้างเครื่องสับกิ่งกระถินที่ใช้ 3 ใบมีดและความเร็วรอบของมอเตอร์ 1250 rpm (Table 3) พบว่ากำลังมอเตอร์ที่ต้องการสำหรับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพควรอยู่ที่ประมาณ 2.58 HP เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ 80% (Table 4)

อย่างไรก็ตาม ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ในงานวิจัยได้ทำการควบคุมงบประมาณในการสร้างเครื่องจักร ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้มอเตอร์ขนาด 2 HP แม้ว่าจะมีกำลังที่น้อยกว่าที่คำนวณไว้เล็กน้อย แต่สามารถจัดการได้โดยการปรับลดความเร็วในการป้อนกิ่งกระถินหรือเพิ่มเวลาการทำงานต่อกิ่งเพื่อให้สามารถใช้งานเครื่องได้ภายในขีดจำกัดของกำลังมอเตอร์ที่มีอยู่ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตเครื่องจักร และยังคงทำงานได้ภายใต้สภาพแวดล้อมการทำงานที่กำหนด

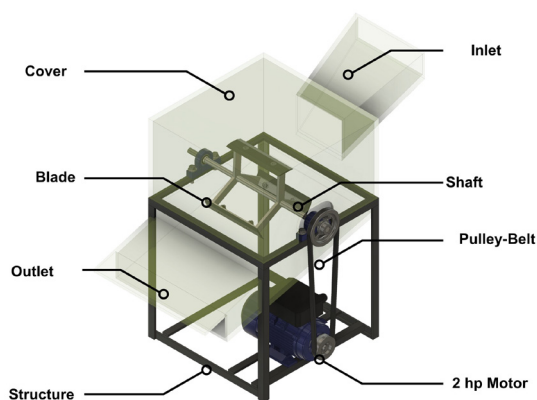
ลักษณะและรูปแบบการทำงานของเครื่องสับกระถินที่ออกแบบและสร้างขึ้น ดัง Figure 6 โดยมีช่องป้อน (Inlet) กระถินขนาดดัง Figure 5 ที่จะถูกป้อนโดยแรงงาน 1 คน เข้าสู่บริเวณห้องสับกระถิน ที่ประกอบด้วย 3 ใบมีดสับ ถูกติดตั้งกับเพลามีมุมเลี้ยว 4 นิ้ว เชื่อมต่อสายพานกับมุมเลี้ยว 3 นิ้ว ที่มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า และมีช่องทางออก (Outlet) ของกระถินสับดัง Figure 5

Table 3 Input Parameters

Input Parameters	Value
Number of Blades	3 blades
Shear Strength of Leucaena (τ)	0.5 MPa
Diameter of Leucaena (d)	2 cm
Cross-sectional Area (A)	$3.14 \times 10^{-4} \text{ m}^2$
Distance Between Blade and Shaft (r)	10 cm
Motor Speed (RPM)	1250 rpm
Shaft speed (RPM)	938 rpm
Motor Efficiency (η)	80%

Table 4 Calculation Results

Calculation	Result
Shear Force (F)	157 N
Torque (T)	15.7 Nm
Angular Velocity (ω)	98.13 rad/s
Required Motor Power (P)	1.54 kW
Required Motor Power (HP)	2.07 HP
Actual Motor Power Required (P_{actual})	1.93 kw
Actual Motor Power Required (P_{actual})	2.58 HP

**Figure 6** Components of the Leucaena Shredder

3. การทดลอง

ในการทดลองเครื่องสับต้นกระถินที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสับต้นกระถินระหว่างการใช้แรงงานคน 1 คน กับการใช้เครื่องสับที่ออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีแรงงานควบคุมเครื่อง

1 คน เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น โดยพิจารณาจากปริมาณกระถินสับที่ได้และระยะเวลาที่ใช้ในการสับในปริมาณกระถินที่เท่ากัน และขนาดของกระถินสับ โดยมีการกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามดังนี้

ตัวแปรต้น (Independent Variable)

1) วิธีการสับกระถิน (การใช้แรงงานคนเทียบกับการใช้เครื่องสับที่ออกแบบและสร้างขึ้น)

ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

- 1) ปริมาณกระถินสับที่ได้ (กิโลกรัม)
- 2) ระยะเวลาที่ใช้ในการสับ (นาที)
- 3) ขนาดของชิ้นกระถินสับ (มิลลิเมตร)

ตัวแปรควบคุม

- 1) เลือกใช้กิ่งกระถินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของกิ่งกระถิน *Leucaena leucocephala* ดัง Table 2 และไม่เลือกใช้กิ่งที่ใหญ่เกินกว่านี้ เพราะค่าความต้านทานแรงเฉือนจะสูงเกินไป
- 2) การควบคุมขนาดหลังสับ กรณีคนสับมีการควบคุมขนาดชิ้นสับให้อยู่ในช่วง 20-30 มม.
- 3) อัตราการป้อน ในการทดลองกำหนดอัตราการป้อนที่ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 1.67 กิโลกรัมต่อนาที โดยทำการป้อนครั้งละกิ่ง หรือกิ่งเล็กๆแต่รวมกันไม่เกินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร เพื่อให้อยู่ภายใต้ค่าการออกแบบของเครื่อง โดยอยู่ภายใต้กำลังการผลิตของเครื่องสับซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบกำลังการผลิตของเครื่อง (120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$$\text{Shredder working hours (hr)} = \frac{\text{Required amount of Leucaena per day (kg)}}{\text{Machine capacity (kg / hr)} \times \text{Efficiency}} \quad (6)$$

$$\text{Electricity cost / day} = \text{Working hours (hr)} \times \text{Power (kW)} \times \text{Electricity cost per unit (THB / unit)} \quad (7)$$

$$\text{Total Variable Costs} = \text{Labor cost for operating the shredder} + \text{Electricity cost} \quad (8)$$

$$\text{Cost Savings / Day} = (\text{Cost of Manual Labor / day}) - (\text{Cost of Using Shredder / day}) \quad (9)$$

$$\text{Payback Period (days)} = \frac{\text{Initial cost of the Leucaena shredder}}{\text{Cost saving / day}} \quad (10)$$

4. การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์

ค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่จะทำการวิเคราะห์ คือ ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องสับกระถินเปรียบเทียบกับ การใช้แรงงานคนสับจะเริ่มต้นด้วยการคำนวณต้นทุน (7) (8) รวมของการใช้เครื่องสับกระถินและการใช้แรงงานคนสับ จากนั้นทำการเมื่อได้ข้อมูลการทดลอง คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการ สับของแรงงานคนและเครื่องสับย่อย (6) แล้วมาคำนวณหาผล ต่างที่ประหยัดได้ต่อวัน (*Cost Savings / Day*) (9) และคำนวณหา ระยะเวลาคืนทุนต่อไป (*Payback Period (days)*) (10)

ผลการศึกษา

จากผลการทดลองเพื่อประเมินสมรรถนะของการสับ ต้นกระถินพบว่า ได้มีการทดลองจำนวน 10 ครั้ง โดยกำหนด ให้การสับแต่ละครั้งสับเพื่อให้ได้กระถินสับ 2 กิโลกรัม จึงหยุด และทำการจับเวลา พบว่ากรณีแรงงานคนสับจะใช้เวลาเฉลี่ย 952.7 วินาที ขณะที่กรณีเครื่องสับจะใช้เวลาเฉลี่ย 61.1 วินาที มีความแตกต่างกัน 891.6 วินาที หรือคิดเป็น 94% (Table 5) โดยเครื่องสับย่อยในการวิจัยนี้มีอัตราการผลิตที่ 120 กิโลกรัม ต่อชั่วโมง

เครื่องสับย่อยที่พัฒนาขึ้นในการวิจัยนี้มีการออกแบบ เพื่อตอบสนองต่อการใช้งานเฉพาะด้าน คือการสับกระถิน สำหรับเป็นอาหารโคเนื้อ โดยมุ่งเน้นให้ได้ขนาดที่เหมาะสม และสม่ำเสมอ ขณะที่เครื่องสับย่อยในบทความของ Kumar and Kumar (2015) ถูกออกแบบมาเพื่อสับวัสดุให้ละเอียดมากขึ้นสำหรับการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ สำหรับการผลิตปุ๋ย แม้ว่า ทั้งสองเครื่องจะใช้กำลังไฟฟ้าใกล้เคียงกันที่ 2 HP แต่มีความ แตกต่างในลักษณะการใช้งานดังกล่าว

นอกจากนี้การสับกระถินด้วยเครื่องสับทำให้ได้ กระถินที่มีความละเอียดกว่าใช้คนสับ (Figure 7) ซึ่ง การสับ ด้วยแรงงานคน ขนาดของกระถินสับมักจะมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับทักษะของผู้สับ โดยมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 2-4 เซนติเมตร หรือใหญ่กว่า (Figure 7A) เนื่องจากการควบคุม ขนาดของการสับด้วยมือมักทำได้ยากกว่าการใช้เครื่องจักร ส่วนขนาดของกระถินสับด้วยเครื่องสับจะมีขนาดสม่ำเสมอ มากกว่า โดยขนาดกระถินสับที่ได้จากการใช้เครื่องสับจะมี ขนาด 1-2 เซนติเมตร (Figure 7 B) ซึ่งการสับอาหารหยาบ ให้มีขนาดขึ้น 10-15 มม. (1.0-1.5 ซม.) เป็นขนาดที่เหมาะสม และช่วยกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2564) ช่วยให้โคเนื้อย่อยและดูดซึมสารอาหารได้ ง่ายขึ้น และการผสมกับอาหารอื่น ๆ ง่ายขึ้น ลดการสูญเสีย อาหารและลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บจากการกิน กิ่งกระถิน ที่แข็งและใหญ่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kumar & Kumar,

2015) กับ (Lomchangkum et al., 2024) และ (ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย, 2563) ที่ได้ทำการการพัฒนาเครื่องย่อยวัสดุ ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุน โดยมีการทดสอบปัจจัยด้านมุมใบมีด ความเร็วรอบ และความ ละเอียดที่ได้ของชิ้นงานสับ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด และ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เช่นเดียวกับ (เทิดศักดิ์ พรหมทา, 2562) ที่ได้พัฒนาเครื่องหั่นต้นกล้วยให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์ที่ได้มีการพัฒนาให้ชิ้นกล้วยสับมีขนาด เล็กน้อยกว่าการใช้เครื่องสับเดิม

Table 5 Comparison of Leucaena Branch Shredding Tests: Manual Labor vs. Custom-Made Leucaena Shredder Machine

Experi-ment Number	Time to Shred 2 kg of Leucaena (seconds)		Difference (seconds)	Difference (%)
	Labor	Machine		
1	900	65	835	93%
2	1020	59	961	94%
3	927	57	870	94%
4	910	60	850	93%
5	820	55	765	93%
6	950	65	885	93%
7	1030	68	962	93%
8	1050	65	985	94%
9	980	62	918	94%
10	940	55	885	94%
Average	952.70	61.10	891.60	94%
SD.	69.73	4.61	-	-

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องสับ กระถินเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนสับ (Table 6) โดยมี รายละเอียดต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของต้นทุนคงที่และ ต้นทุนแปรผัน ดังนี้

ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย ต้นทุนเครื่องสับกระถิน 10,000 บาท ค่าเสื่อมราคา 1,800 บาทต่อปี (คิดราคาเครื่อง เมื่อสิ้นสุดปีที่ 5 คือ 1,000 บาท) วัน ค่าบำรุงรักษา 500 บาท ต่อปี (คิดจาก 5% ของต้นทุนเครื่องสับ) รวมต้นทุนคงที่ 12,300 บาท

ต้นทุนแปรผัน ประกอบด้วย ค่าจ้างแรงงาน พนักงาน ควบคุมเครื่องสับ 1 คน ค่าแรง 300 บาทต่อวัน ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน มอเตอร์มีขนาด 2 แรงม้า คิดค่าไฟหน่วยละ 4

บาท และคิดประสิทธิภาพการทำงาน 70% มีค่าไฟฟ้า 47.74 บาทต่อวัน รวมต้นทุนแปรผัน 347.74 บาทต่อวัน

เมื่อคิดต้นทุนต่อวันในระยะเวลา 1 ปี คือต้นทุนคงที่หารด้วยจำนวนวันคือ 365 วัน และรวมกับต้นทุนแปรผันจะได้ต้นทุนรวมต่อวันคือ 381.74 บาทต่อวัน

เมื่อทำการหารระยะเวลาคืนทุน พบว่าจะแปรผันตามจำนวนโคเนื้อที่เลี้ยง โดยคิดที่โคเนื้อขนาดน้ำหนักตัวละ 500 กิโลกรัม ที่จะมีความต้องการกระถิน 10 กิโลกรัมต่อวัน (สุวิษบุญโปร่ง, 2558) โดยจะมีความคุ้มค่าเมื่อคิดที่จำนวน 7 ตัวขึ้นไป ซึ่งหากทำการสับกระถินเพื่อเป็นอาหารโคเนื้อ 7 ตัว จะมีส่วนต่างที่ประหยัดได้ 295 บาท/วัน จะคืนทุนภายใน 42 วัน

(Table 7) เพราะใช้เวลาในการสับต่อวันน้อย และจะคืนทุนเร็วขึ้นเมื่อจำนวนโคเนื้อมากขึ้น (Figure 8) โดยหากเกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อ 100 ตัว และใช้เครื่องสับหญ้าเพื่อเป็นอาหารโคเนื้อจะคืนทุนภายใน 3 วัน ซึ่งหากเกษตรกรมีการรวมกลุ่มหรือเป็นชุมชนในการเลี้ยงโคเนื้อ และหันมาใช้เครื่องสับก็จะมี ความคุ้มค่า โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Kamma *et al.*, 2020) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องสับวัสดุพืชเกษตรและเปลือกผลไม้ พบว่าค่าใช้จ่ายในการสับพืชจะลดลงเมื่อทำการสับในปริมาณมาก และ (Chuchom & Lemkhun, 2022) ที่ได้ทำการพัฒนาเครื่องปลูกสับประด พบว่ามีระยะเวลาคืนทุนแปรผันตามพื้นที่การปลูกสับประด

Table 6 Total Cost of a *Leucaena* Shredder

Item	Cost	Unit
Fixed Costs		
Initial cost of the <i>Leucaena</i> shredder	10,000	THB
Depreciation cost of the <i>Leucaena</i> shredder*	1,800	THB/year
Maintenance cost (5% of the shredder Initial cost)	500	THB/year
Total Fixed Costs	12,300	THB
Variable Costs		
Labor cost for operating the shredder	300	THB/day
Electricity cost / day (8** hr. x 1.492 kw x 4***THB/unit)	47.74	THB/day
Total Variable Costs	347.74	THB/day
Total Costs per day (347.74 THB/day + (12,300 THB / 365 days)	381.44	THB/day

Note: *Residual value of the shredder at the end of year 5

** Depending on the number of beef cattle, but it is set to operate 8 hours per day.

*** Electricity cost / unit 4 THB/unit

Table 7 Payback Period Calculation for a Shredding Machine vs. Manual Labor

Number of Cattle	Amount of <i>Leucaena</i> Required (kg)	Manual Labor		Shredder		Difference in Daily Savings (Baht/Day)	Payback Period (Days)
		Number of Workers	Cost per Worker (Baht/Day)	Number of Hours (Amount of <i>Leucaena</i> required * <i>Leucaena</i> shredding capacity * 70% working efficiency)	Cost per Day = [B*Motor Power * Electricity Cost per Unit] + Labor Cost for Machine Operator)		
-	-	-	A	B	C	D=C-A	Fixed cost/D
1	10	1	300	0.12	300.72	(0.72)	(17,001)
2	20	1	300	0.24	301.45	(1.45)	(8,500)
3	30	1	300	0.36	302.17	(2.17)	(5,667)
4	40	1	300	0.48	302.89	(2.89)	(4,250)
5	50	1	300	0.61	303.62	(3.62)	(3,400)
6	60	1	300	0.73	304.34	(4.34)	(2,833)
7	70	2	600	0.85	305.06	295	42
8	80	2	600	0.97	305.79	294	42
9	90	2	600	1.09	306.51	293	42
10	100	2	600	1.21	307.24	293	42

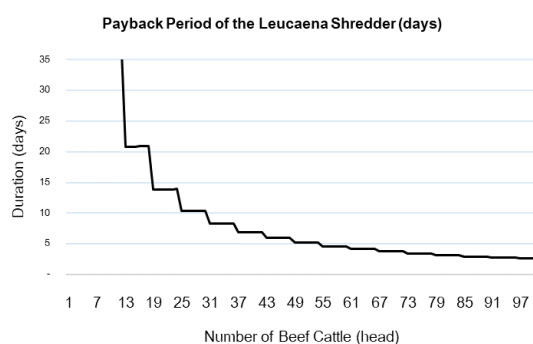


Figure 7 Payback Period of the Leucaena Shredder Compared to the Number of Beef Cattle

อภิปรายและสรุปผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องสับต้นกระถินเพื่อนำไปเป็นอาหารโคเนื้อ มีกำลังสับย่อยตามขนาดขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า ซึ่งเป็นขนาดที่ยังไม่เพียงพอเนื่องจากงบประมาณที่ต้องควบคุมไม่ให้สูงเกินไป แต่ชดเชยโดยการปรับเงื่อนไขการทำงานคือ ปรับลดความเร็วในการป้อนกิ่งกระถินหรือเพิ่มเวลาการทำงานต่อกิ่ง พบว่าเครื่องสับสามารถลดระยะเวลาการสับกระถินได้ถึง 94% โดยใช้เวลาสับเฉลี่ยเพียง 61 วินาทีในการสับกระถิน 2 กิโลกรัม ขณะที่แรงงานคนใช้เวลาเฉลี่ย 952 วินาที อีกทั้งกระถินที่สับด้วยเครื่องยังมีความละเอียดมากกว่าโดยกรณีสับมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 2-4 เซนติเมตร หรือใหญ่กว่า แต่เครื่องสับมีขนาด 1-2 เซนติเมตรช่วยให้โคเนื้อสามารถย่อยและดูดซึมสารอาหารได้ดีขึ้น ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเครื่องสับสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสับและลดความเหนื่อยล้าของแรงงานคนได้อย่างมาก

การวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีอยู่ในวารสารต่าง ๆ ที่เน้นการพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทางการเกษตร เช่น งานวิจัยของ (Kumar & Kumar, 2015) ที่ออกแบบเครื่องย่อยวัสดุทางการเกษตร และ (Lomchangkum *et al.*, 2024) ที่พัฒนาเครื่องย่อยข้าวโพดสำหรับอาหารสัตว์ ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเครื่องสับกระถินไปใช้ในภาคการเกษตรไทยเพื่อเสริมสร้างความยั่งยืนในการผลิตอาหารสัตว์และลดภาระงานของเกษตรกร นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องสับต้นกระถินช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเวลาและลดต้นทุนการผลิต ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชชนิดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและการจัดการทรัพยากรในภาคการเกษตรต่อไป

เมื่อพิจารณาค่าทางเศรษฐศาสตร์คือ ระยะเวลาคืนทุนโดยมีต้นทุนคงที่ 12,300 บาทต่อปี หรือ 33.70 บาทต่อวัน

ต้นทุนแปรผัน 347.74 บาทต่อวัน รวมต้นทุนต่อวัน 381.44 บาทต่อวัน(กรณีทำงานครบ 8 ชั่วโมง) และเมื่อพิจารณาตามปริมาณความต้องการกระถินของโคเนื้อในแต่ละวันพบว่าเครื่องสับกระถินสามารถคืนทุนได้ภายในภายใน 42 วัน ต้องการเมื่อใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อจำนวน 7 ตัว และระยะเวลาคืนทุนจะลดลงเมื่อเลี้ยงโคเนื้อในจำนวนที่มากขึ้น

ในการพัฒนาเครื่องสับต่อไปในอนาคตจะเป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้นใหม่ คือ จำนวนใบมีดสับและมุมของใบมีดที่เหมาะสม เพื่อศึกษาผลที่ได้และขยายผลให้เครื่องสับสามารถสับย่อยพืชได้หลากหลายชนิดมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก คณะศิลปศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- เทิดศักดิ์ พรหมทา. (2562). การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นสับต้นกล้วย. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- บุญส่ง สมเพาะ, วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ, บางรักษ์ เชษฐสิงห์, ชาวลิตร วงศ์ศรีแก้ว, อุทาร์ตน์ ภูไพบูลย์, จันทิ จิตจักร และอนงค์ณี เรือนทิพย์. (2555). คุณสมบัติพื้นฐานของไม้เพื่อการใช้ประโยชน์. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. https://forprod.forest.go.th/forprod/forprod2017/research_forest/data/
- สุวิษ บุญโปร่ง. (2558). คู่มือการเลี้ยงโคเนื้อสำหรับเกษตรกรไทย. กองส่งเสริมและพัฒนาปศุสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ภาณุวัฒน์ วงศ์แสงน้อย. (2563). การออกแบบและการพัฒนาเครื่องสับต้นข้าวโพดสำหรับผลิตอาหารสัตว์. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, 15(1), 15–31.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2564). TMR โคนมพรเมียม (เล่ม 1). โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. (2567). ข้อมูลเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์และโคเนื้อ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567. <https://ict.dld.go.th/webnew/index.php/th/service-ict/report/428-report-thailand-livestock/reportservey2567/1813-2567-monthly>

- Kumar, I. S., & Kumar, T. H. (2015). Design and development of agricultural waste shredder machine. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(10), 164–172.
- Lomchangkum, C., Junsiri, C., Sopha, P., Thongyothee, S., & Doungpueng, K. (2024). Designing a waxy maize shredder for animal feed. *International Journal of Agricultural Technology*, 20(1), 159–176.
- Norton, R. L. (2010). *Machine design: An integrated approach* (4th ed.). Pearson Education, Inc.