

การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ณพล เหลืองพิพัฒน์สร¹, รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์¹, จตุรงค์ ลังกาพินธุ์¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

ผู้เขียนติดต่อ: ณพล เหลืองพิพัฒน์สร E-mail: boomagr22@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในการย่อยและอัด เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้า และระบบถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 4 hp เป็นต้นกำลังในการทำงานของเครื่องจักร ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ มุมองศาของใบมีดสำหรับย่อยหญ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้เท่ากับ 870 rpm โดยศึกษามุมองศาใบมีด 3 ระดับที่ 0, 5 และ 10° เพื่อหามุมองศาที่ดีที่สุดในการทดสอบ โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบพบว่า มุมองศาใบมีดที่เหมาะสมเท่ากับ 5° และเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 127.6 kg h⁻¹ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.8 kW-h ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า มีจุดคุ้มทุนในการทำงานที่ 374 h yr⁻¹ และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 hr yr⁻¹ จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.63 yr

คำสำคัญ: เครื่องย่อยและอัดหญ้า, อาหารสัตว์, มุมองศาของใบมีด

Development of Animal Feed Shredding and Compressing Machin

Napol Luengpipatsorn^{1*}, Roongruang Kalsirisilp¹, Jaturong Langkapin¹

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, ThanyaburiPathumthani, 12110.

Corresponding author: Napol Luengpipatsorn. E-mail: boomagr22@gmail.com

Abstract

The research project entitled “development of animal feed shredding and compressing machine” was aimed to increase the working capacity as well as time and labor saving. The development of the machine can replace human labor in the future. The machine consisted of four main parts namely, steel frame, shredding unit, compressing unit and power transmission unit. A 4 hp electric motor was used as the power source of the machine. The rotational speed of motor was selected at 870 rpm. Three knives angle (0, 5 and 10°) were considered in this study. The performance of the machine was measured in two parameters namely, working capacity and electrical consumption. It was found that the 5° knife angle performed the best in terms of capacity and efficiency of the machine. The performance tests of the machine showed that the capacity was 127.6 kg hr⁻¹. The electrical consumption was 3.8 kilowatt-hour. The economic analysis showed that the break even point of the machine was 374 hr yr⁻¹. Considering the working hour of 600 hr yr⁻¹, the pay back period of the machine was found to be 0.63 year.

Keywords: shredding and compressing, animal feed, knife angle.

1. บทนำ

จากสถิติการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในประเทศไทย พบว่าในปี พ.ศ. 2557 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 16,634 ครัวเรือน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เขต 7 (จังหวัดราชบุรี กาญจนบุรี) จำนวน 5,075 ครัวเรือน รองลงมาคือเขต 1 (สระบุรี ลพบุรี) จำนวน 4,160 ครัวเรือน และ เขต 3 (นครราชสีมา บุรีรัมย์) จำนวน 2,967 ครัว เรือน ตามลำดับโดยมีการ เลี้ยงโคนมทั้งหมด

จำนวน 508,548 ตัว ซึ่งในพื้นที่เขต 7 เลี้ยงโคนมมากที่สุดจำนวน 142,462 ตัว รองลงมาคือเขต 1 จำนวน 136,662 ตัว และ เขต 3 จำนวน 84,883 ตัว จังหวัดสระบุรีมีเกษตรกรผู้ เลี้ยงโคนมมากที่สุดจำนวน 2,601 ครัว เรือนรองลงมาคือจังหวัดนครราชสีมา ราชบุรี ลพบุรี และ เชียงใหม่ (กรมปศุสัตว์, 2557)

จากเอกสารของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์(สันธารและคณะ, 2552) พบว่าโคและกระบือมีความสามารถในการกินอาหารแห้งได้วัน

ละ 7 kg หรืออาหารชั้นวันละ 9.5 kg ตัว⁻¹ ซึ่งจะเห็นว่าประเทศไทยมีความต้องการอาหารโค กระบือ ประเภทหญ้าแห้ง ในปริมาณมากถึงวันละ 60,000 ton หรือ 21.9 million ton y⁻¹ อาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของโคนม ได้แก่ อาหารชั้น และอาหารหยาบ หลังจากการรีดน้ำนมต้องมีการให้อาหารสัตว์เพื่อให้โคนมได้มีการผลิตน้ำนมขึ้นมาใหม่ เพื่อจะได้นำน้ำนมมาบริโภคและจำหน่าย สิ่งสำคัญได้แก่ อาหารชั้น แร่ธาตุ วิตามินและอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด , หญ้าหมัก หรือหญ้าแห้ง เพื่อเตรียมไว้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด กรรมวิธีการหมักหญ้าในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิท ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง (วิโรจน์, 2546) เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยตัวเครื่องประกอบด้วยโครงสร้างหลักได้แก่ ชุดสำหรับป้อนหญ้าอาหารสัตว์ ชุดใบมีด ชุดถังสำหรับอัดและชุดอัดหญ้า ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังโดยปัจจัยที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แก่ความเร็วรอบ มุมองศาของใบมีดที่เหมาะสม และความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ตลอดจนการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

โครงสร้างส่วนฐานทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 inch หนา 5 mm นำมาเชื่อมติดกัน มีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 570, 685 และ 900 mm ตามลำดับ เป็นส่วนที่ใช้ติดตั้งชุดย่อยหญ้า แสดงดัง Figure 1

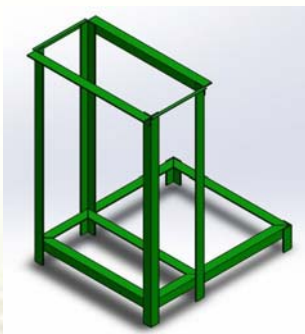


Figure 1 Structure frame.

โครงสร้างส่วนเครื่องอัดหญ้าเนเปียร์ทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 inch หนา 3 mm นำมาเชื่อมติดกัน มีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูง เท่ากับ 410, 334 และ 1650 mm ตามลำดับ เป็นส่วนที่ใช้สำหรับรองรับหญ้าเนเปียร์ที่ย่อยแล้วเป็นชั้นเล็กๆ เพื่อทำการอัดหญ้าในขั้นตอนต่อไป แสดงดัง Figure 2

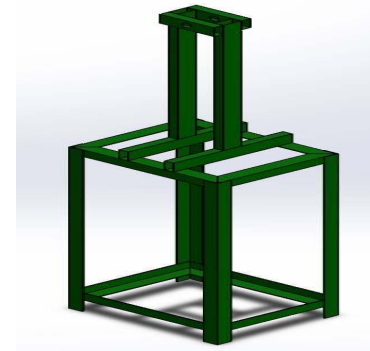


Figure 2 Frame of compressing unit.

ชุดสับย่อยหญ้าเนเปียร์ดำเนินการสร้างโดยนำชุดใบมีดมาเชื่อมติดเข้ากับโครงและนำชุดครอบใบมีดมาเชื่อมติดกับชุดสับย่อยหญ้าเนเปียร์ ประกอบด้วยใบมีดจำนวน 4 ใบมีด เพื่อทำการสับย่อยหญ้าเนเปียร์ให้มีขนาดเล็กเหมาะสำหรับการกินของโค และทำการติดตั้งช่องป้อนหญ้าเนเปียร์ บริเวณด้านข้างโดยให้ความสูงที่เหมาะสมกับคนป้อน ช่องป้อนออกแบบให้มีความกว้างของช่องป้อนเท่ากับ 171 mm แสดงดัง Figure 3

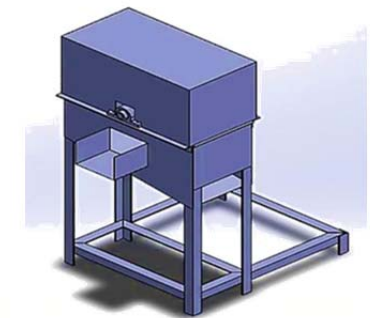


Figure 3 Shredding unit.

ชุดอัดหญ้าเนเปียร์ทำมาจากโครงชุดอัดนำมาเชื่อมติดด้วยเหล็กแผ่นหนา 1.2 mm โดยแผ่นที่ใช้อัดหญ้ามีขนาดความกว้าง ความยาวและความสูง เท่ากับ 334, 410 และ 467 mm ตามลำดับ โดยสามารถอัดหญ้าให้มีความแน่นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาไว้เป็นอาหารสัตว์ในยามขาดแคลน แสดงดัง Figure 4

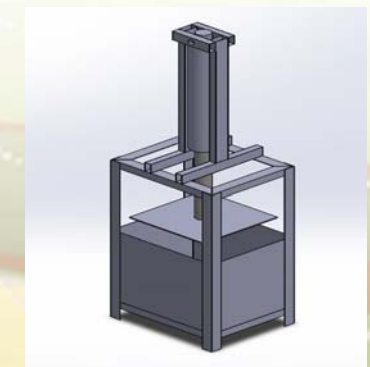


Figure 4 Compressing unit.

กระบอกไฮดรอลิกจะถูกเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นหนา 5 mm โดยกระบอกไฮดรอลิก จะรับกำลังมาจากปั๊มไฮดรอลิก เพื่อทำการอัดหญ้าให้มีความแน่นที่เหมาะสม กระบอกไฮดรอลิกที่ ออกแบบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนอก เท่ากับ 50 mm และความยาวเท่ากับ 600 mm แสดงดัง Figure 5



Figure 5 Hydraulic cylinder for compressing unit.

ชุดใบมีดทำจากเหล็กถากนำมาลับคมและนำมาเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นกลมหนา 8 มิลลิเมตร โดยมีจำนวนใบมีด 4 ใบมีด วางทำมุมกัน 90° เพื่อให้สามารถย่อยหญ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษามุมคมของใบมีด 3 ระดับ ได้แก่ 0, 5 และ 10° ตามลำดับ แสดงดัง Figure 6 และ Figure 7 แสดงผลการออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

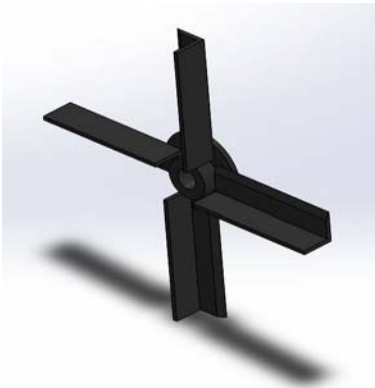


Figure 6 Cutter bar for shredding unit.

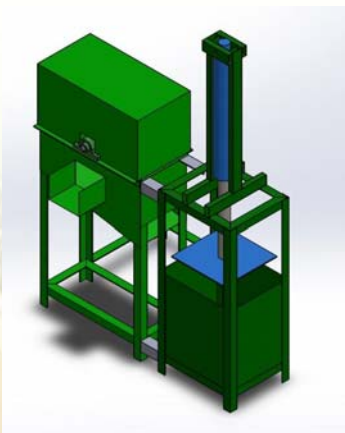


Figure 7 Prototype of animal feed shredding and compressing machine.

2.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย ซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

2.3 ค่าชี้ผลการศึกษา

ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย (kg hr^{-1}) หาได้จากอัตราส่วนระหว่างหญ้าที่อัดได้และเวลาที่ใช้ในการทำงาน แสดงดังสมการที่ 1

$$C \left(\frac{\text{kg}}{\text{hr}} \right) = \frac{W(\text{kg})}{t(\text{hr})} \quad (1)$$

เมื่อ C = ความสามารถในการทำงานจริง (kg h^{-1}), W = น้ำหนักหญ้าที่อัดได้ (kg) และ t = เวลาในการทำงาน (h)

2.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหาได้จากผลคูณของกระแสความต่างศักย์ และเวลาในการทำงานหารด้วย 1000 ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 (พิสิทธ์ราชมงคล, 2552)

$$P = \frac{IVT}{1000} \quad (2)$$

เมื่อ P = พลังงานไฟฟ้า (kw-h), V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V), I = กระแสไฟฟ้า (A) และ T = เวลาในการทำงาน (h)

2.5 การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยอาศัยแนวคิดการประเมินค่าใช้จ่ายโดยรวม เกี่ยวกับต้นทุนในการใช้งาน เครื่องโดยพิจารณาจาก เกษตรกรซื้อเครื่องอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยไปแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกร รายย่อย 5 year) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 %) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามชั่วโมงการทำงาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี่จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย, ค่าภาษี, ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไปตามชั่วโมงการทำงานได้แก่ ค่าจ้างแรงงานคนเพื่อทำงานร่วมกับเครื่อง, ค่าพลังงานไฟฟ้า, ค่าบำรุงรักษา และค่าซ่อมแซม เป็นต้น

2.6 การคำนวณหาจุดคุ้มทุน (Break - even point)

เป็นการคำนวณเปรียบเทียบการย่อยและอัดหญ้า โดยใช้แรงงานคนกับเครื่องต้นแบบแสดงดังสมการที่ 3

$$BEP = \frac{FC}{B - VC} \quad (3)$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน ($hr\ yr^{-1}$), B = ค่าจ้างในการย่อยและอัดหญ้าด้วยแรงงานคน ($baht\ hr^{-1}$) และ V = ค่าใช้จ่ายผันแปร ($baht\ hr^{-1}$)

2.7 การวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุน (Pay back period)

เป็นการคาดคะเนว่า เมื่อลงทุนเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยไปแล้ว จะได้รับผลตอบแทนกลับคืนมาเป็นจำนวนเงินเท่ากับที่ลงทุนไปแล้วภายในระยะกี่ปี คำนวณจากสมการที่ 4 (TeacherSSRU, 2547)

$$PBP = \frac{P}{R} \quad (4)$$

เมื่อ p = ราคาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย (baht) และ R = กำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี (baht yr^{-1})

3. ผลการดำเนินงานและการวิเคราะห์ผล

3.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย

ส่วนประกอบของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ดำเนินการออกแบบและสร้าง แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ชุดย่อยหญ้าเนเปียร์และชุดอัดหญ้า โครงสร้างฐานทำจากเหล็กฉาก นำมาเชื่อมเป็นโครงโดยมีขนาดความกว้าง 57 cm ความยาว 68.5 cm ความสูงของโครงเครื่อง 90 cm ชุดย่อยหญ้าประกอบด้วยใบมีดสำหรับย่อยหญ้าจำนวน 4 ใบ ต้นกำลังคือมอเตอร์ขนาด 4 hp ส่งกำลังไปขับชุดใบมีดโดยพูลเลย์และสายพาน ชุดอัดหญ้ามี่ปริมาตรในการบรรจุหญ้าได้ 0.064 m^3 มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับบีบและขับชุดใบมีดหลักการทำงานของเครื่อง โดยเริ่มจากการป้อนหญ้าเนเปียร์เข้าบริเวณช่องป้อน ใบมีดสับย่อยจะทำการสับย่อยหญ้าให้เล็กลง และหญ้าที่ถูกสับย่อยแล้วจะถูกส่งไปยังถังอัด จากนั้นกระบอกไฮดรอลิกจะเคลื่อนที่ลงมาเพื่อทำการอัดหญ้าให้แน่น ตามความต้องการรายละเอียดแสดงดัง Figure 8 และ Figure 9

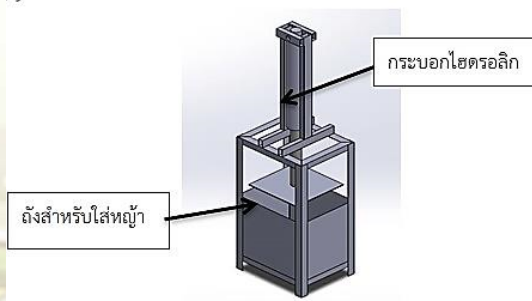


Figure 8 Engineering drawing of compressing unit.

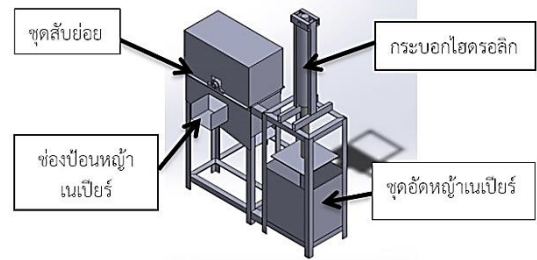


Figure 9 Engineering drawing of animal feed shredding and compressing machine.

3.2 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมองศาของใบมีดที่ดีที่สุดโดยทำการทดสอบอัดหญ้าครั้งละ 10 min ที่ความเร็วรอบใบมีด 870 rpm ผลการทดสอบแสดงดัง Table 1

Table 1 Performance test of animal feed shredding and compressing machine.

องศา ใบมีด	สมรรถนะการอัดหญ้า ($kg\ h^{-1}$)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0°	68.1	71.4	64.2	67.9
5°	126.6	123.9	132.2	127.6
10°	125.8	129.2	123.7	126.2

จาก Table 1 ที่มุมมององศาใบมีด 0° มีสมรรถนะการย่อยและอัดหญ้าเฉลี่ย 67.9 $kg\ h^{-1}$ ทำการทดสอบที่มุมมององศาใบมีดที่ 5° พบว่ามีสมรรถนะการย่อยและอัดหญ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 127.6 $kg\ h^{-1}$ และเมื่อเพิ่มองศาใบมีดเป็น 10° พบว่ามีสมรรถนะในการอัดหญ้าเท่ากับ 126.2 $kg\ h^{-1}$ ดังนั้นสรุปได้ว่ามุมมององศาของใบมีดที่เหมาะสมที่สุดคือ 5° ทั้งนี้เมื่อมุมมององศาของใบมีดน้อยเกินไปทำให้ใบมีดไม่สามารถตัดหญ้าได้ ทำให้เสียเวลาในการป้อนหญ้า ในขณะที่มุมมององศาใบมีดมากเกินไปทำให้ส่วนที่คมของใบมีดไม่สัมผัสหญ้าทำให้การย่อยตัดหญ้าไม่ละเอียด ซึ่งหญ้าที่ย่อยแล้วมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้สัตว์กินหญ้าได้ยาก Figure 10 และ Figure 11 แสดงการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์



Figure 10 Testing of animal feed shredding and compressing machine.



Figure 11 Closed up view of shredding unit.

3.3 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3.8 สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย ได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

■ ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation, DP) คิดค่าเสื่อมราคา (DP) แบบ Straight-line method $DP = (P - S)/L$ โดยที่ P คือราคาซื้อของเครื่องจักร (Baht) S คือราคาขายหรือมูลค่าคงเหลือเมื่อเครื่องจักรหมดอายุ (Baht) และ L คือ อายุการใช้งานของเครื่องจักร (yr)

ราคาของเครื่องอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย จาก Table 2 เท่ากับ 24000 baht ให้มูลค่าซากของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10% ของราคาต้นทุนเครื่อง ดังนั้น ราคาซาก (S) = $(10/100)(2400) = 2400$ baht, ค่าเสื่อมราคา (DP) = $(P - S)/L = (24000 - 2400)/5 = 4320$ baht, ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment) คิดค่าเสียโอกาส (I) = $((P+S)/2)(I/100)$ โดยที่ I คือ อัตราดอกเบี้ยต่อปี (เปอร์เซ็นต์) กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10% ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = $((24000+2400)/2)(10/100) = 1320$ baht yr⁻¹ รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = $4320+1320 = 5640$ baht yr⁻¹ หรือคิดเป็น 9.4 baht h⁻¹ (พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 baht yr⁻¹)

ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 50 baht ทำงาน 100 d ค่าบำรุงรักษา = $50 \times 100 = 5000$ baht yr⁻¹

■ ค่าพลังงาน จากการทดสอบการสิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.8 kw-h หรือคิดเป็นราคา 26.6 baht h⁻¹ เท่ากับ 15960 baht yr⁻¹ (พิจารณาชั่วโมงการทำงานที่ 600 h yr⁻¹)

■ ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 baht จำนวน 1 คน ทำงาน 100 d คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = $(300)(100)(1) = 30000$ bahtyr⁻¹ รวมต้นทุนผันแปร $5000 + 15960 + 30000 = 50960$ bahtyr⁻¹ หรือเท่ากับ 84.9 baht h⁻¹ รวมต้นทุนทั้งหมด = $9.4+84.9 = 94.3$ baht h⁻¹ อัตราการทำงานเครื่องเฉลี่ย 127.6 kg h⁻¹ ดังนั้น ต้นทุนการทำงานเครื่องเท่ากับ $94.3/127.6 = 0.74$ baht kg⁻¹

Table 2 Fabrication cost of animal feed shredding and compressing machine.

รายการ	จำนวนเงิน (Baht)
1.คํามอเตอร์	6000
2.คาร์บอไคคลิก	8000
3.คําวัดตุ	
-เหล็กฉาก	1200
-เหล็กแผ่น	800
-เหล็กเพลลา	800
-เหล็กกล่อง	500
-ฟูลย์	570
-สายพาน	200
-อื่นๆ เช่น สี น็อต	930
4.คํารวมในการสร้างและประกอบเครื่อง	5000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง	24000

การใช้งานที่จุดคุ้มทุน

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง - ค่าใช้จ่ายผันแปรในการทำงาน) ค่าใช้จ่ายคงที่ = 5640 baht yr⁻¹ อัตราค่าจ้างในการย่อยและอัดหญ้า 100 baht h⁻¹ ดังนั้น การใช้งานที่จุดคุ้มทุน = $5640 / (100 - 84.9) = 373.5$ kg h⁻¹ ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้ ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนรวมคือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ยผลประโยชน์ที่ได้รับคำนวณจากอัตราจ้างในการย่อยและอัดหญ้า เท่ากับ 150 baht h⁻¹ ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม ระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้จากผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับผลประโยชน์สุทธิ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ชั่วโมงการทำงาน 600 h yr⁻¹

ดอกเบี้ย 1320 baht yr⁻¹

ต้นทุนผันแปร 84.9 baht h⁻¹ (50940 baht yr⁻¹)

ต้นทุนรวม $50940+1320 = 52260$ baht yr⁻¹

ผลประโยชน์สุทธิ $150 \times 600 = 90000$ baht yr⁻¹

ผลประโยชน์สุทธิ $90000 - 52260 = 37740 \text{ baht yr}^{-1}$
ระยะเวลาคืนทุน $(24000/37740) \times 12 = 7.6 \text{ m}$
ดังนั้นถ้า 1 yr เกษตรกร ทำงาน 600 hr ระยะเวลาคืนทุนจะเท่ากับ 7.6 month หรือ 0.63 year แต่ถ้าเกษตรกรใช้งานมากกว่า 600 hr yr^{-1} จะทำให้ระยะเวลาในการคืนทุน น้อยกว่า 7.6 m ซึ่งเกษตรกร สามารถนำไปปรับจ้างเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

4. สรุป

เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบมีส่วนประกอบหลักคือ โครงสร้างของเครื่อง เครื่องอัด ชุดสับย่อย ชุดไฮดรอลิก และระบบส่งกำลัง ต้นกำลังที่ใช้ในการทำงาน เป็น มอเตอร์ขนาด 4 hp เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สามารถทำงานได้รวดเร็วและต่อเนื่อง ช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน ในการย่อยและอัดหญ้ารวมทั้งสามารถพัฒนาให้ใช้ทดแทนแรงงานคนได้ต่อไปในอนาคตโดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ซึ่งผลการทดสอบพบว่า มุมองศาใบมีดของชุดสับหญ้าที่เหมาะสมเท่ากับ 5° และมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 127.6 kg h^{-1} อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.8 kW-h ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่า มีจุดคุ้มทุนในการทำงานที่ 374 h yr^{-1} และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 h yr^{-1} จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.63 yr ซึ่งเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น สามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์ และ อนุเคราะห์งบประมาณ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกร-โคนม. แหล่งข้อมูล: http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2557/book2557/03.pdf. เข้าถึงเมื่อ 4 เมษายน 2560

สันธาร์ นาคพัฒนานุกูล, ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ, วิชัย โภกานุกูล, จารุวัฒน์ มงคลธนทรศ. 2552. วิจัยและพัฒนาเครื่องอัดฟางข้าว. วิจารณ์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฟิลิกส์ราชมงคล. กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า มาตรฐานไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า. แหล่งข้อมูล: <http://rmutphysics.com/charud/scibook/electric3/pan14.htm>

TeacherSSRU. 2547. การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน. แหล่งข้อมูล: http://www.teacher.ssu.ac.th/nawaporn_th/file.php/1/ACC2107_c/ACC2107/chapter3.pdf