การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

DEVELOPMENT OF ANIMAL FEED SHREDDING AND COMPRESSING MACHINES

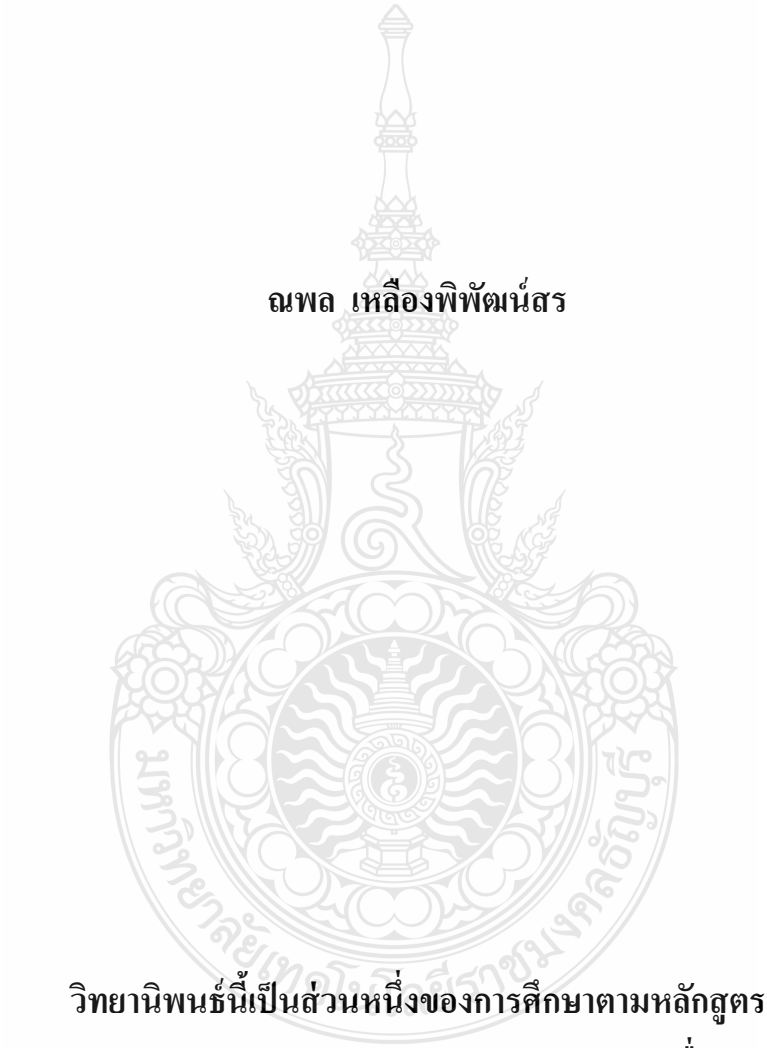
ณพล เหลืองพิพัฒน์สร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ณพล เหลืองพิพัฒน์สร



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ Development of Animal feed Shredding and Compressing Machines
ชื่อ-นามสกุล	นายณพล เหลืองพิพัฒน์สร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.
ปีการศึกษา	2561

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จตุรงค์ ลังกาพินธุ์, D.Eng.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประชา บุณยวานิชกุล, Ph.D.)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ดลหทัย ชูเมฆา, ปร.ด.)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2561

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์
ชื่อ-นามสกุล นายณพล เหลืองพิพัฒน์สร
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, D.Eng.
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อ เพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในขั้นตอนการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ทำให้ต้นทุนการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรลดลง ได้อาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงเหมาะสำหรับความต้องการสารอาหารของสัตว์ และช่วยลดพื้นที่ในการจัดเก็บหญ้าอาหารสัตว์ ทำให้เกษตรการสามารถเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยงได้มากขึ้นในพื้นที่จำกัด

เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ออกแบบและพัฒนา ประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 ส่วน ได้แก่ 1. โครงเครื่อง 2. ชุดย่อยหญ้า 3. ชุดอัดหญ้า และ 4. ระบบถ่ายทอดกำลัง ชุดย่อยหญ้าออกแบบให้มีจำนวนใบมีด 4 ใบ ชุดอัดหญ้าประกอบด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว และบล็อกสำหรับอัดหญ้า โดยใช้มอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า เป็นต้นกำลังในทำงาน ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ 1,300, 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ศึกษามุมองศาใบมีดสำหรับย่อยหญ้า 3 ระดับที่ 15, 30 และ 40 องศา โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า และการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์พบว่า ความเร็วรอบของมอเตอร์และมุมองศาของใบมีดที่เหมาะสมในการอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ เท่ากับ 1,500 รอบต่อนาที และ 40 องศา ตามลำดับ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีค่าใช้จ่ายในการทำงานเฉลี่ย 0.35 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงาน 195 ชั่วโมงต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาในการคืนทุน 1.5 ปี

คำสำคัญ : เครื่องย่อยและอัดหญ้า อาหารสัตว์ มุมองศาของใบมีด

Thesis Title	Development of Animal Feed Shredding and Compressing Machines
Name-Surname	Mr. Napol Luengpipatsorn
Program	Agricultural Machinery Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Roongruang Kalsirisilp, D.Eng.
Academic Year	2018

ABSTRACT

The research project entitled "development of animal feed shredding and compressing machines" was aimed to increase the working capacity as well as time and labor saving for the animal feed shredding and compressing process. The developed machine was able to reduce the investment cost of forage crops and provide a high quality of forage crops for animal nutrient requirements. It also requires less storage volume for forage crops but yields benefits for farmers to increase the number of dairy animals in the limited farming area.

The machine consists of four main parts: a steel frame, shredding unit, compressing unit and power transmission unit. Four cutting blades were designed for the shredding unit. The compressing unit consists of a hydraulic cylinder with a diameter of six inches and a compressing block. A three-horsepower electric motor was used as the power source of the machine. The revolution speed of the motor was selected at 1,300, 1,500 and 1,700 rpm. Three blade angles (15°, 30° and 40°) were considered in this research. The parameters in this study were working capacity, electrical consumption and economic analysis of animal feed shredding and compressing machines.

Based on the test results, it was found that the 1,500 rpm of motor speed and 40° blade angle performed the best in terms of working capacity and efficiency of the machine. The performance tests of the machine showed that the working capacity and electrical consumption were 229.4 kg/hr and 1.53 kW-h, respectively. The further economic analysis showed that the operation cost of the machine was 0.35 Baht/kg with a break-even point of 195 hr/yr. When the working hours of 600 hrs/yr were considered, the payback period of the machine was found to be 1.5 year.

Keywords: shredding and compressing machine, animal feed, blade angle

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สามารถดำเนินงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับ รองศาสตราจารย์ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการให้คำแนะนำที่ดีเสมอมา ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรงค์ ลังกาพินธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประชา บุณยวานิชกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดลหทัย ชูเมฆา ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับบิดามารดา และทุกๆคนในครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยดูแลให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดเวลาที่ผ่านมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน และเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมเกษตรที่ให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ นายทศพล เหลืองพิพัฒน์สร ผู้ติดต่อประสานงานกับทางกรมปศุสัตว์อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี ในความกรุณาให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนา และสนับสนุนหญ้าเนเปียร์สำหรับการทำวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

คุณงามความดีที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้ดำเนินโครงงานขอมอบให้แด่บิดามารดา อาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และผู้ที่มีส่วนร่วมสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมถึง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ซึ่งขึ้นชื่อว่า “มหาวิทยาลัยมงคลแห่งพระราชา” สถานที่ที่ได้เล่าเรียนจนสำเร็จการศึกษา

ณพล เหลืองพิพัฒน์สร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... (3)

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... (4)

กิตติกรรมประกาศ..... (5)

สารบัญ..... (6)

สารบัญตาราง..... (9)

สารบัญรูป..... (10)

บทที่ 1 บทนำ..... 13

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 13

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 14

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 14

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 15

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 15

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 16

2.1 ประวัติการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย..... 16

2.2 หญ้าอาหารสัตว์..... 18

2.3 อาหารสำหรับเลี้ยงโคนม..... 25

2.4 การใช้ประโยชน์จากยูเรียเป็นอาหารสัตว์..... 25

2.5 การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์..... 27

2.6 ต้นกำลังและระบบการถ่ายทอดกำลัง..... 31

2.7 รูปแบบของชุดใบมีดและการตัดประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ..... 32

2.8 วัสดุที่ใช้ในการสับย่อยปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้เครื่องมือลดขนาด..... 44

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 53

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 58

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ..... 58

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 58

3.3 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับหญ้าอาหารสัตว์..... 59

3.4 ออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 59

3.5 ค่าชี้ผลการศึกษา..... 63

3.6 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 63

3.7 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 65

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 68

4.1 ผลการศึกษาวิธีการทำหญ้าหมัก..... 68

4.2 ผลการออกแบบต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย..... 73

4.3 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย..... 73

4.4 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ 75

4.5 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานและการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องที่พัฒนากับเครื่องต้นแบบ..... 80

4.6 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 81

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปราย และข้อเสนอแนะ..... 87

5.1 สรุป..... 87

5.2 ข้อเสนอแนะ..... 88

บรรณานุกรม..... 89

ภาคผนวก..... 92

ภาคผนวก ก รูปการทดสอบและตารางบันทึกผลการทดลอง..... 93

ภาคผนวก ข การคำนวณค่าชี้ผลการทดสอบ..... 101

ภาคผนวก ค การเขียนแบบทางวิศวกรรม..... 111

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง การเผยแพร่ผลงาน..... 117

ประวัติผู้เขียน..... 122

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในเหล็กที่นำไปใช้งาน..... 42

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาการทำหญ้าหมักของเกษตรกร..... 68

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงรายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ปรับปรุง..... 75

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 75

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า..... 76

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย..... 77

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์.... 84

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โคนมพันธุ์เรดซินดี้ 17
รูปที่ 2.2 โคนมพันธุ์ขาวดำหรือโฮลสไตน์ฟรีเชีย 18
รูปที่ 2.3 หญ้ารูซี่ 18
รูปที่ 2.4 หญ้าเนเปียร์ 19
รูปที่ 2.5 ต้นหญ้าเนเปียร์ 20
รูปที่ 2.6 ดอกหญ้าเนเปียร์ 20
รูปที่ 2.7 แปลงหญ้าเนเปียร์ 21
รูปที่ 2.8 ท่อนพันธุ์ 22
รูปที่ 2.9 การปลูกหญ้าเนเปียร์ 23
รูปที่ 2.10 ต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์ 24
รูปที่ 2.11 วิธีทำหญ้าหมัก 29
รูปที่ 2.12 มอเตอร์ไฟฟ้า 32
รูปที่ 2.13 การตัดแบบมีด 34
รูปที่ 2.14 หัวสับชนิดจานกลม 34
รูปที่ 2.15 หัวสับชนิดทรงกระบอก 35
รูปที่ 2.16 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Stickle bar หมุนเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ 36
รูปที่ 2.17 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary เคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ 36
รูปที่ 2.18 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด 37
รูปที่ 2.19 ลักษณะการตัดแบบ Solid cut 37
รูปที่ 2.20 ลักษณะการตัดแบบ Chip – forming cut 38
รูปที่ 2.21 ลักษณะการตัดแบบ Plastic cut 38
รูปที่ 2.22 ลักษณะการตัดแบบ Solid cut after compression 38
รูปที่ 2.23 ลักษณะการตัดแบบ Cut in local tension 39
รูปที่ 2.24 ลักษณะการตัดแบบ Wedging cut 39

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.25 ลักษณะการตัดแบบ Chip forming cut..... 39
รูปที่ 2.26 ลักษณะการตัดแบบ Bending cut..... 40
รูปที่ 2.27 ลักษณะการตัดแบบ Tearing cut..... 40
รูปที่ 2.28 ลักษณะการตัดแบบ Scraping cut..... 41
รูปที่ 2.29 ลักษณะการตัดแบบ Slicing cut..... 41
รูปที่ 2.30 รูปร่างของใบมีด..... 43
รูปที่ 2.31 แสดงCutting Force ที่กระทำบนพืชและใบมีด..... 44
รูปที่ 2.32 แสดงแรงขอบและแรงลิ่มในรูปทั่วๆไป..... 45
รูปที่ 2.33 ทิศทางของแรงFx, FyและFz..... 45
รูปที่ 2.34 แรงหนุน (Support Forces) ที่เกิดจากต้นพืช..... 46
รูปที่ 2.35 สายพาน..... 49
รูปที่ 2.36 สายพานไขว้..... 49
รูปที่ 2.37 กระบอกไฮดรอลิกส์แบบมาตรฐาน..... 50
รูปที่ 2.38 กระบอกสูบกลมแบบมาตรฐาน..... 50
รูปที่ 2.39 กระบอกสูบคอมแพคแบบมาตรฐาน..... 51
รูปที่ 2.40 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบทางเดียว..... 52
รูปที่ 2.41 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบสองทาง..... 52
รูปที่ 2.42 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านกระบอกสูบสองด้าน..... 52
รูปที่ 2.43 เครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่..... 53
รูปที่ 2.44 เครื่องย่อยทางสละ..... 54
รูปที่ 2.45 เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า..... 55
รูปที่ 2.46 เครื่องอัดหญ้าหมักอาหารสัตว์..... 57
รูปที่ 3.1 โครงสร้างเครื่อง..... 59
รูปที่ 3.2 ฐานยึดมอเตอร์และกระบอกไฮดรอลิกส์..... 60
รูปที่ 3.3 ชุดอัดหญ้า..... 61

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.4 ชุดย่อยหญ้า..... 61
รูปที่ 3.5 กระบอกไฮดรอลิกส์..... 62
รูปที่ 3.6 ชิ้นส่วนชุดใบมีด..... 62
รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 63
รูปที่ 3.8 องศามุมคมของใบมีดที่ศึกษา..... 64
รูปที่ 4.1 การหมักหญ้าโดยใช้แรงงานคน..... 69
รูปที่ 4.2 ใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ..... 70
รูปที่ 4.3 การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง..... 71
รูปที่ 4.4 การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น..... 72
รูปที่ 4.5 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 73
รูปที่ 4.6 แบบชุดใบมีด..... 74
รูปที่ 4.7 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องย่อยและอัดหญ้า..... 74
รูปที่ 4.8 การทดสอบเครื่องย่อยและอัด..... 77
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้..... 78
รูปที่ 4.10 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์..... 79
รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานระหว่างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา และเครื่องย่อยและอัดหญ้าต้นแบบ..... 80
รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา และเครื่องย่อยและอัดหญ้าต้นแบบ..... 80
รูปที่ 4.13 คุณภาพขนาดหญ้าที่ย่อยโดยเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนา..... 81
รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างเครื่องเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา และเครื่องย่อยและอัดหญ้าต้นแบบ..... 82

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมกำลังประสบปัญหาในเรื่องต้นทุนการผลิตนมที่สูงขึ้น โดยเฉพาะต้นทุนค่าอาหารสัตว์ จึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการลดต้นทุน เพื่อให้เกษตรกรสามารถดำรงชีพอยู่ได้ แนวทางหนึ่งคือการเลือกใช้อาหารอยาบ คุณภาพดี ต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งจากสถิติการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในประเทศไทย พบว่าใน ปี พ.ศ. 2560 มี เกษตรกร ผู้ เลี้ยงโคนมในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 17,348 ครัวเรือน หรือคิดเป็นโคนมจำนวน 584,327 ตัว ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ ในจังหวัดสระบุรี ลพบุรี ราชบุรี นครปฐม และ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 7,437 ครัวเรือน หรือคิดเป็นโคนมจำนวน 238,544 ตัว [1] อาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของโคนม ได้แก่ อาหารข้น และ อาหารหยาบ หลังจากการรีดน้ำนมต้องมีการให้อาหารสัตว์เพื่อให้โคนมได้มีการผลิตน้ำนมขึ้นมาใหม่ เพื่อจะได้นำน้ำนมมาบริโภคและจำหน่าย สิ่งสำคัญได้แก่ อาหารข้น แร่ธาตุ วิตามินและอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด หญ้าหมัก หรือหญ้าแห้ง จากเอกสารของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์ พบว่าโคและกระบือมีความสามารถในการกินอาหารแห้งได้วันละ 7 กิโลกรัม ต่อตัว ซึ่งจะเห็นว่าประเทศไทยมีความต้องการอาหารโค กระบือ ประเภทหญ้าแห้ง ในปริมาณมากถึงวันละ 60,000 ตัน หรือ 21.9 ล้านตันต่อปี [2, 3, 4]

การทำหญ้าหมักเป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมทำกันทั่วไป เพื่อเตรียมไว้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด ข้อดีของการทำหญ้าหมักคือ สามารถทำได้ทุกฤดูกาล ใช้ทุกส่วนของพืชให้เป็นประโยชน์ และใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาน้อย กรรมวิธีการหมักหญ้าในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดให้มีขนาด 2-3 เซนติเมตรและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิทเพื่อไล่อากาศออกให้หมด และเป็นการป้องกันไม่ให้อากาศและน้ำเข้าถังหมัก ทำการหมักหญ้า 3-4 สัปดาห์หญ้าจะกลายเป็นหญ้าหมักใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ [5] ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการ

พัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยตัวเครื่องประกอบด้วยโครงสร้างหลักได้แก่ ชุดสำหรับป้อนหญ้าอาหารสัตว์ ชุดใบมีดชุดถังสำหรับอัดและชุดอัดหญ้า ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลัง โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ความเร็วรอบ มุมองศาของใบมีดที่เหมาะสม ค่าชี้ผลการศึกษาได้แก่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าตลอดจนการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1.2.3 เพื่อทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1.2.4 เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์

1.3 ขอบเขต

1.3.1 ศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักของเกษตรกร 4 วิธี ได้แก่ 1.การใช้แรงคนในการย่อยและอัดหญ้า 2.การใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นในการดูดไล่อากาศออกจากหญ้า 3.การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง 4.การทำหญ้าหมักแบบบ่อหมัก

1.3.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ในส่วนโครงสร้างและชุดใบมีดโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า เป็นต้นกำลัง

1.3.3 ทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์โดยศึกษามุมคมของใบมีดที่ 15, 30 และ 40 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ทดสอบคือ 1,300, 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที

1.3.4 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1.4 ขั้นตอนในการวิจัย/กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.4.1 ศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักในประเทศไทย ซึ่งมีอยู่ 4 วิธี ได้แก่ 1. การหมักหญ้าแบบใช้แรงคน 2. การใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นเพื่อดูดอากาศออก 3. การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง 4. การหมักหญ้าแบบบ่อหมัก

1.4.2 ออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมรายย่อย ในประเทศไทย ใช้วัสดุที่หาง่ายในการสร้างและประกอบเครื่อง ดูแลและบำรุงรักษาง่าย

1.4.3 ทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์โดยศึกษามุมคมของใบมีดที่ 15, 30 และ 40 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ทดสอบคือ 1,300, 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ตามลำดับ

1.4.4 วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ วิเคราะห์จุดคุ้มทุนในการทำงาน และระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องจักร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ความรู้เกี่ยวกับการทำหญ้าหมักในประเทศไทย เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1.5.2 ได้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ปรับปรุงและพัฒนา ให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานของกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทย

1.5.3 ทราบสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์เพื่อการใช้งานอย่างเหมาะสมและมีข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ในอนาคต

1.5.4 ทราบจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ เพื่อให้การทำงานของเกษตรกรมีความคุ้มค่าและประหยัดค่าใช้จ่ายสูงสุด

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยเชื่อกันว่าในระยะแรกของการเลี้ยงจะเลี้ยงกันในหมู่ชาวอินเดียเพื่อบริโภคหรือขายให้กับเพื่อนบ้านชาวอินเดียด้วยกันพันธุ์โคนมที่เลี้ยงคือพันธุ์บังกาลาสามารถให้นมได้ดีและช่วงของการให้นมนามมากกว่าโคพื้นเมืองทั่วไปหลังจากนั้นก็มีคนให้ความสนใจเลี้ยงกันบ้างเล็กน้อยจนกระทั้งได้มีการจัดตั้งฟาร์มโคนมเป็นแห่งแรกของประเทศไทยชื่อฟาร์มบางกอกแคร์โดยมีพระยาเทพหัสดินเป็นผู้จัดการในเนื้อที่ทั้งหมด 9 ไร่และมีโคทั้งหมดประมาณ 120 ตัวแต่ต้องประสบกับการขาดทุนเนื่องจากในขณะนั้นมีผู้บริโภคกันน้อยมากนมที่ผลิตได้จึงขายไม่หมดจนต้องล้มเลิกกิจการไปในปี พ.ศ. 2477 เมื่อสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 กรมปศุสัตว์และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้มีการนาเข้าโคพันธ์เรดซินดี้จากประเทศอินเดียมาผสมกับโคบังกาลาในปีพ.ศ.2495 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้สั่งโคพันธ์เจอร์ซี่พันธุ์แท้เข้าประเทศไทยเป็นฝูงแรกโดยนาเข้าจากประเทศออสเตรเลียและโคพันธุ์บราวสวิสจากสหรัฐอเมริกาเมื่อถึงปีพ.ศ. 2505 ได้มีการจัดตั้งองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทยซึ่งในปัจจุบันเป็นรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์รับผิดชอบและส่งเสริมเกี่ยวกับการเลี้ยงโคนมและเป็นแหล่งรับซื้อนมจากเกษตรกรการเลี้ยงโคนมแม้มีรายจ่ายค่อนข้างสูงแต่ผลตอบแทนจากการเลี้ยงโคนมจะสูงกว่าการทำนาทำไร่หลายเท่าจึงเป็นการสร้างรายได้ที่ดีของเกษตรกรทั้งที่มีอาชีพเลี้ยงโคนมโดยตรงและที่เป็นอาชีพเสริมนับว่ามีส่วนช่วยในการสร้างงานในชนบทของชาติและช่วยลดการสูญเสียเงินตราให้แก่ต่างประเทศจากการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมชนิดต่างๆประกอบกับประเทศไทยก็มีภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการเลี้ยงปศุสัตว์เนื่องจากอุดมสมบูรณ์ด้วยอาหารสัตว์เช่นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ผลิตผลพืชไร่(ข้าวโพดมันสำปะหลังฯลฯ) วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตร (เปลือกข้าวรำข้าวเปลือกสับปะรดยอดอ้อยกากน้ำตาลฯลฯ) ซึ่งมีราคาถูกและสามารถเลือกใช้ทดแทนกันได้หากสิ่งหนึ่งสิ่งใดมีราคาเพิ่มขึ้นส่วนมูลโคก็มีประโยชน์ต่อการพัฒนาที่ดินของเกษตรกรและอาจนำมาใช้ทำแก๊สชีวภาพสำหรับใช้ในครอบครัวได้อีกด้วยการเลี้ยงโคนมจึงเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยพยายามสร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตผลที่ผลิตได้เช่นแทนที่จะผลิตมันสำปะหลังเพื่อส่งออกสาหรับการเลี้ยงปศุสัตว์ในต่างประเทศก็นำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเพื่อส่งออกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากสัตว์ซึ่งมีมูลค่าสูงกว่าเป็นต้นพันธุ์โคที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทยได้แก่พันธุ์โฮลสไตน์ (Holstein) ซึ่งมีชื่อเรียกแตกต่างกันเช่นในอังกฤษเรียกว่าฟรีเชียน (Friesian) ในเดนมาร์กเรียกว่าขาว-ดำ (Black and

White) หรือดัตช์ฟรีเชียน (Dutch friesian) ในอิสราเอลเรียกว่าอิสราเอลฟรีเชีย (Israelfriesian) เป็นต้น พันธุ์โคนมที่นิยมเลี้ยงมากอีกพันธุ์หนึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณอำเภอมวกเหล็กคือพันธุ์เรดเดน (Red dane) ซึ่งพัฒนาขึ้นที่ประเทศเดนมาร์กให้นมและเนื้อใกล้เคียงกับพันธุ์โฮลสไตน์แต่มีปัญหาในการปรับตัวในสภาพอากาศร้อนนอกจากนี้ยังมีโคพันธุ์พื้นเมืองซึ่งพัฒนามาจากอินเดียและปากีสถานคือพันธุ์เรดซินดิ (Red sindhi) และซาฮิวาล (Sahiwal) ให้นมน้อยกว่าพันธุ์ยุโรปครึ่งหนึ่งและมีไขมันค่อนข้างสูงการเลี้ยงโคนมอย่างมีประสิทธิภาพนั้นพิจารณาจากการที่โคให้นมในปริมาณสูงในขณะที่มีค่าใช้จ่ายต่ำสามารถทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศและโรคภัยไข้เจ็บต่างๆได้โคจะต้องเชื่องและรีดนมง่ายไม่ต้องใช้ลูกโคกระตุ้นเวลารีดนม [5]

พันธุ์โคนม

โคนมแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือพันธุ์โคนมที่มีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนเช่นพันธุ์เรดซินดี้พันธุ์ซาฮิวาลเป็นต้นจะสังเกตได้ง่ายคือโคนมพวกนี้จะมีโหนกหลังใหญ่และทนร้อนได้ดีแต่ให้นมได้ไม่มากนักในรูปที่ 2.1

รูปที่ 2.1 โคนมพันธุ์เรดซินดี้ [6]

พันธุ์โคนมที่มีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวหรือเรียกโคยุโรปมีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ซึ่งโคยุโรปนี้จะสังเกตได้ง่ายคือไม่มีโหนกที่หลังคือจะเห็นแนวสันหลังตรงมักไม่ค่อยทนต่ออากาศร้อนพันธุ์ที่สำคัญได้แก่พันธุ์ขาวดำหรือโฮลสไตน์ฟรีเชียในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 โคนมพันธุ์ขาวดำหรือโฮลสไตน์ฟรีเชีย [6]

2.2 หญ้าอาหารสัตว์

2.2.1 หญ้ารูซี่ (Brachiariaruziziensis)

เป็นหญ้าที่มีอายุหลายปีมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบต้นกึ่งเลื้อยกึ่งตั้งสูง 60-100 เซนติเมตรรำต้นกลมแข็งเรียวเล็กไม่มีขน ที่ลำต้นมีรากและแตกแขนงบริเวณโคนต้นใบสีเขียวอ่อนมีลักษณะคล้ายหอกอ่อนนุ่มมีขนละเอียดคลุมทั้งด้านหน้าและหลังใบใบยาว 13-15 เซนติเมตรกว้าง 0.8-2.5 เซนติเมตรชอบอากาศในเขตร้อนที่ฝนตกต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์มีคุณค่าทางอาหารสัตว์สูงลักษณะเด่นของหญ้ารูซี่คือสามารถผลิตเมล็ดได้มากและเมล็ดงอกสูงทำให้สะดวกต่อการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งเป็นผลให้มีเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ปลูกหญ้ารูซี่ได้อย่างรวดเร็วสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขึ้นได้ดีในพื้นที่ดอนดินมีการระบายน้ำดีทนแล้งพอสมควรทนต่อการเหยียบย่ำของสัตว์ไม่ทนน้ำท่วมขังผลผลิตน้ำหนักแห้ง 2.0-2.5 ตันต่อไร่ปีโปรตีน 7-10 เปอร์เซ็นต์ [7]

รูปที่ 2.3 หญ้ารูซี่ [7]

2.2.2 หญ้าเนเปียร์ (Pennisetum purpureum) มีถิ่นกำเนิดในแถบประเทศของแอฟริกา ปัจจุบันพบปลูกแพร่กระจายทั่วโลกในแถบประเทศอบอุ่น ส่วนประเทศไทยได้นำหญ้าเนเปียร์จากประเทศมาเลเซียเข้ามาปลูกครั้งแรกในปี พ.ศ. 2472 โดย นายอาร์ พี โจนส์ และในช่วงปี พ.ศ. 2504-2507 ประเทศไทยได้นำเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศมาปลูกอย่างต่อเนื่อง อาทิ กรมปศุสัตว์ นำเข้าพันธุ์ลูกผสมจากประเทศอินเดียเข้ามาปลูก [7]

หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass) จัดเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกมาก เนื่องจาก ลำต้น และใบมีขนาดใหญ่ และมีคุณค่างทางอาหารสัตว์สูง รวมถึงสามารถเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตต่อไร่สูง สามารถเก็บเกี่ยวต้นได้ตลอดทั้งปี และเก็บเกี่ยวได้นาน 5-7 ปี ต่อการปลูก 1 ครั้ง

รูปที่ 2.4 หญ้าเนเปียร์ [9]

2.2.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์หญ้าเนเปียร์

ราก และลำต้น

หญ้าเนเปียร์ เป็นหญ้าที่มีลำต้นขนาดใหญ่ ลำต้นแตกเป็นกอหรือแตกต้นใหม่ได้ ลำต้นมีลักษณะแข็งแรง มีลำต้นสั้นๆบางส่วนอยู่ใต้ดิน ลำต้นเหนือดินมีลักษณะทรงกลมและตั้งตรง ขนาดลำต้น 2-2.5 เซนติเมตร สูง 2-6 เมตร ลำต้นมีลักษณะเป็นข้อปล้อง ประมาณ 15-20 ข้อ ส่วนรากมีเฉพาะระบบรากฝอยที่แตกออกจากเหง้าจำนวนมาก

รูปที่ 2.5 ต้นหญ้าเนเปียร์ [9]

ใบ

ใบหญ้าเนเปียร์ออกเป็นใบเดี่ยว ประกอบด้วยกาบใบที่ห่อหุ้มลำต้น และมีขนเล็กๆ นุ่มมือปกคลุม โดยตรงรอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบมีลิ้นใบ ถัดมาเป็นแผ่นใบยาว แผ่นใบมีสีเขียวอ่อน ยาวประมาณ 70-100 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร แผ่นใบมีเส้นกลางใบขนาดใหญ่

ดอก

ดอกหญ้าเนเปียร์ออกเป็นช่อ แบบ spike ช่อดอกมีรูปทรงกระบอก สีเหลือง ยาวประมาณ 15-22 เซนติเมตร หนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร ประกอบด้วยดอกย่อยจำนวนมาก ด้านในดอกมีเกสรตัวเมีย และตัวผู้

รูปที่ 2.6 ดอกหญ้าเนเปียร์ [9]

ผล และเมล็ด

หญ้าเนเปียร์พบติดผลได้น้อยมาก เปลือกผล และเมล็ดหุ้มติดกัน [8]

2.2.4 ประโยชน์หญ้าเนเปียร์

ประโยชน์ของหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ 1. ใช้ปลูกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะโคเนื้อ โคนม และกระบือ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการให้กินสด และการทำหญ้าหมัก 2. ใช้เป็นชีวะมวลสำหรับเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า 3. ใช้ปลูกเป็นพืชคลุมดิน 4. ลำต้นใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระดาษ 5. ลำต้นนำมาสับ และอัดเป็นแท่งสำหรับเป็นเชื้อเพลิงหุงหาอาหาร

2.2.5 คุณสมบัติที่ดีของหญ้าเนเปียร์

ลำต้น และใบมีขนาดใหญ่ ลำต้นเติบโตได้เร็ว และให้ผลผลิตต่อไร่สูงมาก มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เหมาะสำหรับเป็นอาหารหยาบเลี้ยงสัตว์ ลำต้นแตกกอใหม่ได้เร็ว ให้ผลผลิตได้ทั้งปี และเก็บผลผลิตได้ยาวถึง 5-7 ปี ลำต้น และใบ มีปริมาณแป้ง และน้ำตาลสูง หากนำไปหมักอาจไม่ต้องเติมกากน้ำตาล ลำต้น และใบ แก่ช้า ลำต้น และใบมีความอ่อนนุ่ม สัตว์เคี้ยวได้ง่าย ไม่พบโรค และแมลงทำลาย ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้เล็กน้อย ทนต่อสภาพน้ำขังได้บ้าง เติบโตได้ดีในทุกสภาพดี ทนต่อดินเปรี้ยวได้ดี ทนต่อดินเค็มได้ดี เหมาะสำหรับการให้สัตว์กินสด และการทำหญ้าหมัก

2.2.6 ข้อจำกัดหญ้าเนเปียร์

ไม่ค่อยทนต่อการเหยียบย่ำ ไม่ทนต่อสภาพน้ำขัง ไม่เหมาะสำหรับการทำหญ้าแห้ง เพราะลำต้น และใบมีขนาดใหญ่

2.2.7 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์ และหญ้าไข่มุก ซึ่งในปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก และนิยมอย่างแพร่หลายทั่วประเทศ

รูปที่ 2.7 แปลงหญ้าเนเปียร์ [9]

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ลำต้นมีอายุหลายปี ลำต้นมีความสูงได้มากกว่า 4 เมตร ลำต้นมีระบบรากแข็งแรง สามารถดูดน้ำ และปุ๋ยได้ดี ทำให้เป็นหญ้าที่เจริญเติบโตเร็ว โดยเฉพาะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมการเกษตรต่างๆ อาทิ น้ำเสียจากโรงงานแปรรูปมันสำปะหลัง เมื่อให้แก่ หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พบว่า ลำต้น และใบตอบสนองได้ดีมาก จึงเป็นประโยชน์อีกทางที่จะนำน้ำเสียมากำจัดและใช้ประโยชน์ได้มาก

2.2.8 การปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สามารถปลูกได้ด้วยการใช้ท่อนพันธุ์ เพราะไม่มีการติดเมล็ด หรือติดเมล็ดน้อยมาก โดยหญ้าพันธุ์นี้สามารถเติบโตได้ดีในทุกสภาพดินของทุกภาค แต่โดยทั่วไปจะชอบดินที่มีการระบายน้ำดี ไม่มีน้ำท่วมขัง และมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง โดยมีช่วงการปลูกในต้นฤดูฝน ประมาณเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม เพื่อให้ลำต้นเติบโตด้วยน้ำฝนตามธรรมชาติ

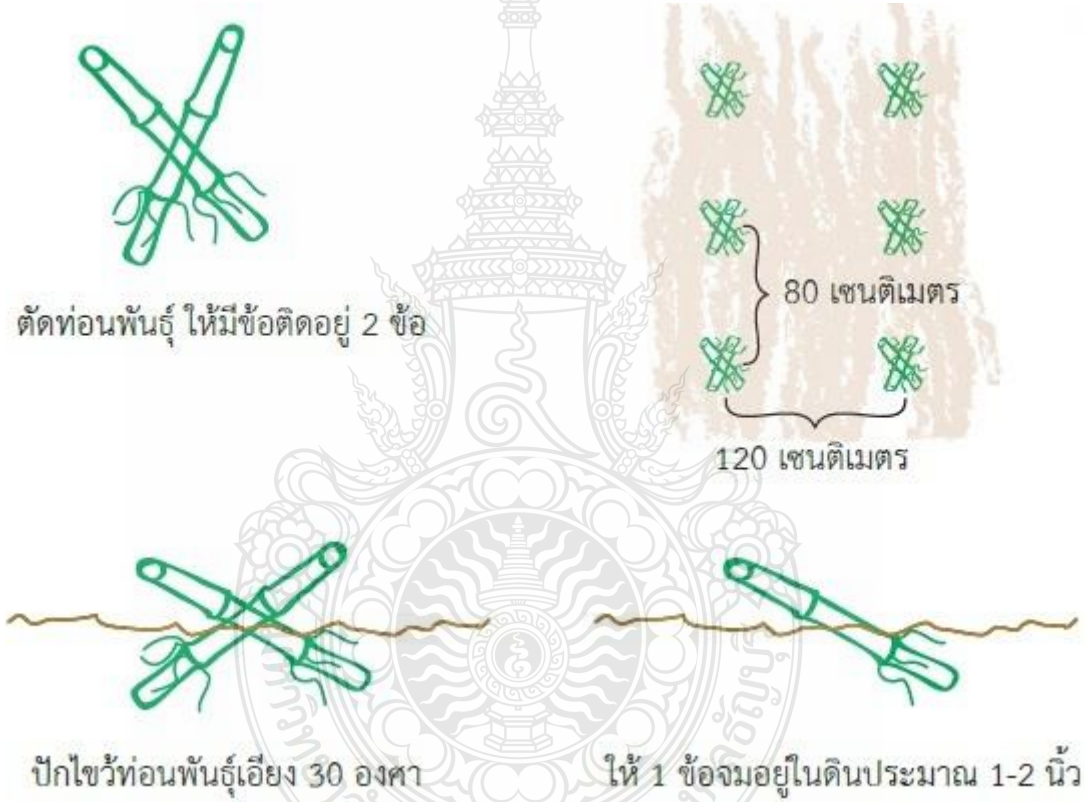
รูปที่ 2.8 ท่อนพันธุ์[8]

ขั้นตอนการปลูก

เตรียมแปลงด้วยการไถกลบดิน ให้ลึกไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร พร้อมกำจัดวัชพืช และตากดินนาน 1 อาทิตย์ ทั้งนี้ หากพื้นที่ไม่รกมาก ให้หว่านปุ๋ยคอก ประมาณ 2 ตัน/ไร่ และปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 จำนวน 30 กิโลกรัม/ไร่ ก่อนทำการไถกลบ แต่หากพื้นที่รกมาก ให้ไถกลบดิน 2 รอบ โดยหว่านปุ๋ยก่อนการไถในรอบที่ 2 และหากปลูกแบบร่อง แนะนำให้ปลูกในพื้นที่ที่มีความลาดชันเล็กน้อย เพื่อให้ระบายน้ำได้ดี

ท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกจะต้องเป็นลำต้นที่มีข้อปล้องสมบูรณ์ โคนต้นมีการแตกรากบ้างแล้ว ซึ่งจะใช้ลำต้นที่มีอายุตั้งแต่ 3-4 เดือน ขึ้นไป จนถึง 1 ปี แบ่งลักษณะการปลูก ได้ดังนี้ การปลูกในพื้นที่

ขนาดเล็กการปลูกลักษณะนี้จะใช้พื้นที่เพียงไม่กี่ไร่ ซึ่งมักเป็นการปลูกสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ของตนเอง โดยมีการใช้แรงงานคนในการปลูกเป็นสำคัญขั้นตอนการปลูกจะเริ่มจากการตัดท่อนพันธุ์ให้เป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 15-25 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับความยาวข้อเป็นสำคัญ โดยให้แต่ละท่อนมีข้อ 2 ข้อห้ามน้อยกว่านี้ หลังจากนั้น นำท่อนพันธุ์ 2 ท่อน ปักลงดิน โดยให้ข้อแรกของโคนท่อนปักลึกลงดิน ส่วนข้อที่ 2 ให้อยู่เหนือดิน โดยทั้ง 2 ท่อน จะปักลงดินในลักษณะที่ไขว้กันให้เอียงประมาณ 30-40 องศา ระยะปลูกของต้นที่ 70-80 เซนติเมตร และระยะแถว 100-120 เซนติเมตร ทั้งนี้ อาจใช้ท่อนพันธุ์เพียงท่อนเดียวก็ได้หากมีข้อจำกัดด้านปริมาณท่อนพันธุ์ที่ใช้



รูปที่ 2.9 การปลูกหญ้าเนเปียร์ [8]

การปลูกแบบอ้อยหรือแบบไถร่อง

การปลูกวิธีนี้ มักใช้กับแปลงปลูกขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีการไถยกร่อง และวางท่อนพันธุ์ที่คล้ายกับการปลูกอ้อยการปลูกนั้นจะเริ่มจาก การวางท่อนพันธุ์ทั้งท่อนต่อกันในแนวร่อง จากนั้น ค่อยตัด

ท่อนพันธุ์ และจัดเรียงให้ห่างกันประมาณ 85 เซนติเมตร หรือ ใช้วิธีตัดท่อนพันธุ์ก่อน แล้วค่อยวางท่อนพันธุ์ในร่อง ก่อนจะไถกลบท่อนพันธุ์ให้ดินถมตามความเหมาะสมในฤดู

การให้น้ำ

หากปลูกเพื่อใช้เลี้ยงโคไม่กี่ตัว และปลูกในแปลงขนาดเล็ก เกษตรมักปล่อยให้เติบโตด้วยการอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ แต่หากปลูกในแปลงขนาดใหญ่ มักใช้อุปกรณ์การให้น้ำ อาทิ ระบบน้ำสปริงเกอร์ หรือสูบน้ำปล่อยให้ไหลตามแปลง ระยะการให้น้ำประมาณ 7-10 วัน/ครั้ง โดยเฉพาะฤดูแล้งที่ต้องให้อย่างสม่ำเสมอ

การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ย มักใส่หลังการกำจัดวัชพืชเสร็จ โดยหลังจากปลูกที่ท่อนพันธุ์แทงหน่อแล้ว 2 อาทิตย์ ให้ใส่ปุ๋ยคอก ประมาณ 2-3 ตัน/ไร่ และปุ๋ยยูเรีย 20-30 กิโลกรัม/ไร่ พร้อมรดน้ำให้ชุ่ม

รูปที่ 2.10 ต้นอ่อนหญ้าเนเปียร์ [8]

การเก็บเกี่ยวผลผลิต

หลังจากที่หญ้าเนเปียร์ขึ้นต้นใหม่ ประมาณ 60-75 วัน สามารถเริ่มตัดได้ครั้งแรก ส่วนการตัดครั้งต่อไป และการตัดในทุกๆครั้งจะตัดห่างกันประมาณ 50-60 วัน หรือมากกว่าเล็กน้อย แต่หากต้องการหญ้าสดที่อ่อนพอดีควรตัดในช่วง 45-50 วัน[9]

2.3 อาหารสำหรับเลี้ยงโคนม

การจัดการด้านอาหารมีความสำคัญอย่างมากในการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย เพราะอาหารช่วยสนับสนุนให้โคผลิตน้ำนมที่สูงตามความสามารถทางพันธุกรรม ต้นทุนค่าอาหารในการเลี้ยงโคนมมีมูลค่าประมาณ 70-80% ของต้นทุนการผลิตทั้งหมด การให้อาหารที่ไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอกับความต้องการของโคนม ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ การเจริญเติบโต และ ผลผลิตน้ำนม อาหารสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศไทย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.3.1 อาหารหยาบ (roughages) เป็นอาหารหลักของโคนม ประกอบด้วย หญ้า ถั่วต่างๆที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ เป็นกลุ่มอาหารที่มีลักษณะหยาบ มีโภชนะย่อยได้ทั้งหมดต่ำ

2.3.2 อาหารข้น (concentrate) เป็นกลุ่มอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีโภชนะย่อยได้ทั้งหมดสูง เป็นอาหารที่มีเยื่อใยต่ำกว่าร้อยละ 18 อาหารในกลุ่มนี้มีแคลลอรีสูง ประกอบด้วย ข้าวโพด มันสำปะหลัง และรำข้าวเป็นต้น[10]

2.4 การใช้ประโยชน์จากยูเรียเป็นอาหารสัตว์

ในปัจจุบันราคาวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารโปรตีนทั้งที่มาจากพืช และชนิดที่มาจากสัตว์ เช่น พวกกากถั่วต่างๆ และปลาป่น ฯลฯ มีราคาสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอันมาก เนื่องจากอาหารโปรตีนชนิดต่างๆเหล่านี้เป็น ส่วนประกอบสำคัญในสูตรอาหารข้น หรืออาหารผสม ซึ่ง ใช้เป็นอาหารหลักของสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น สุกรเป็ดไก่ ฯลฯ สำหรับสัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม กระบือ ฯลฯ การให้อาหารข้นเป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารหยาบ และเพิ่มผลผลิตของสัตว์เท่านั้น แนวทางที่นำวัสดุอาหารที่ให้โปรตีนสูงๆมาทดแทน อาหารโปรตีนจากธรรมชาติซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปคือ การใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-Protein Nitrogen หรือ NPN.) มาใช้ผสมในอาหารสัตว์นั้น เป็นไปได้มากในสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้น เนื่องจากสัตว์ประเภทนี้มีความสามารถ ใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนคุณภาพต่ำ และจากสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน แล้วสามารถเปลี่ยนให้เป็นโปรตีน เพื่อใช้ให้เป็นประโยชน์แก่ตัวสัตว์เองได้โดยขบวนการของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะส่วนหน้า ซึ่งสัตว์กระเพาะเดี่ยว ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากความแตกต่างกันทางระบบย่อยอาหารของสัตว์ทั้ง 2 ชนิด แหล่งของไนโตรเจนที่ใช้ได้แก่ ยูเรีย ไบยูเรต ไดแอมโมเนียม ฟอสเฟต ฯลฯ แต่ที่นิยมใช้กันมากคือ ปุ๋ยยูเรีย หรือที่รู้จักกันในหมู่เกษตรกรผู้ใช้คือ ปุ๋ยเย็น หรือปุ๋ยน้ำตาลยูเรีย จะมีลักษณะเป็นเม็ดกลมๆขนาดเล็ก มีสีขาวขุ่น หาซื้อได้ง่ายราคาไม่แพง และสะดวกในการใช้ยูเรียเป็นสาร ประกอบมีไนโตรเจน เป็น

องค์ประกอบอยู่ถึง 46% ในการวิเคราะห์หาโปรตีนทั่วไป นิยมวัดปริมาณไนโตรเจนเป็นหลักแล้วคูณด้วย ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 16% (6.25) ดังนั้น ยูเรียจะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 287.5 เปอร์เซ็นต์

2.4.1 การนำปุ๋ยยูเรียมาใช้ประโยชน์

ปุ๋ยยูเรียสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ 2 ประการคือ นำผสมลงในอาหารข้นโดยตรง หรือใช้ปุ๋ยยูเรียเพื่อปรับปรุงคุณภาพของอาหารหยาบคุณภาพต่ำ เช่น ฟางข้าว ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้ใช้ จุดประสงค์ของการนำยูเรียมาใช้ผสมในอาหารสัตว์ เพื่อทดแทนอาหารโปรตีนจากธรรมชาติ และลดต้นทุนค่าอาหาร โดยจะต้องคำนึงถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ และคุณค่าทางโภชนะเป็นสำคัญ วิธีนี้นับการใช้ปุ๋ยยูเรียผสมน้ำราดผสมกับฟางข้าวหมักทิ้งไว้ 21 วัน โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 6 เปอร์เซนต์ ก็จะทำให้ฟางข้าวหลังการหมักแล้ว มีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้น สะดวกสำหรับผู้ใช้ และสัตว์เลี้ยงจะได้รับประโยชน์จากปุ๋ยยูเรีย โดยตรงจากการสลายตัวในกระเพาะหมัก หรือในส่วนของลำไส้เล็ก เมื่อพิจารณาในแง่เศรษฐกิจแล้ว ราคายูเรียจะถูกกว่า และ ให้ปริมาณของโปรตีนมากกว่าการใช้ปลาป่นและกากถั่วต่างๆ ซึ่งการใช้ปุ๋ยยูเรีย เป็นแหล่งโปรตีนผสมในอาหารข้น จะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยจุลินทรีย์นั้นต้องมีแหล่งคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่ายๆ (แป้ง) เพียงพอ เช่น ข้าวโพด ปลายข้าว มันเส้น รำละเอียด ฯลฯ มีแร่ธาต และวิตามิน ผสมอยู่ด้วย การให้สัตว์เคี้ยวเอื้องกินยูเรีย โดยตรง หรือผสมกับน้ำให้กินในปริมาณมากๆ สัตว์อาจจะตายได้ เนื่องจากยูเรียสามารถสลายตัวให้แอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ถ้าสัตว์ได้รับยูเรียในระดับสูง หรือในสภาพที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดแอมโมเนียในกระเพาะ เกินกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปสร้างโปรตีนได้ทัน ร่างกายจึงต้องมีการกำจัดออก โดยเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับ และขับออกทางปัสสาวะ ถ้าระดับของแอมโมเนีย สูงเกินกว่าร่างกายจะกำจัดได้ทัน ก็จะเกิดเป็นพิษสัตว์อาจถึงตาย ถ้าช่วยไม่ทัน ดังนั้น ก่อนนำยูเรียไปใช้ผสมในสูตรอาหาร จึงควรศึกษาให้ดีเสียก่อน

2.4.2 ข้อเสนอแนะ ในการใช้ยูเรียผสมในอาหารสัตว์

1) ใช้อาหารผสมยูเรียเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีกระเพาะรูเมน เจริญเติบโตแล้วเท่านั้น อย่าใช้ยูเรียกับลูกสัตว์หรือสัตว์ กระเพาะเดี่ยว

2) ใช้ยูเรียในสูตรอาหารข้น ที่มีโปรตีนหยาบต่ำกว่า 13 -14 เปอร์เซ็นต์

3) ในสูตรอาหารจะต้องมีคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยง่ายอยู่สูง เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำละเอียด ปลายข้าว ฯลฯ

4) ยูเรียไม่มีพลังงานแร่ธาตุ และวิตามินการใช้ยูเรียเป็นแหล่งไนโตรเจน แทนโปรตีนธรรมชาติ จึงควรเสริมโภชนะ เหล่านี้ลงไปด้วย

5) การใช้ยูเรียผสมในอาหารข้นไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซนต์ ของอาหารข้น หรือ 1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ หรือเกิน 30 กรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม

6) ยูเรียจะมีรสชาดเฝื่อน สัตว์ไม่ชอบกิน ควรผสมกากน้ำตาล เพื่อเพิ่มรสชาด

7) ควรใช้ยูเรียผสมลงในอาหารวันละน้อย และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงระดับที่ต้องการ เพื่อสัตว์จะได้มีเวลาปรับตัว

8) การผสมยูเรียลงในอาหารข้น ต้องผสมให้เข้ากันดีอย่าให้เป็นก้อน และไม่ควรใช้ยูเรียละลายน้ำให้สัตว์ดื่มโดยตรง เพราะสัตว์จะกินเข้าไปครั้งละมากๆ และอาจเป็นอันตรายได้[11]

2.5 การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์

ผลผลิตและการเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์มักผันแปรไปตามฤดูกาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผันแปรตามปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิดังนั้นถ้ามีการจัดการแปลงหญ้าโดยให้มีระดับความรุนแรงของการใช้ประโยชน์หรือการแทะเล็มสูงสุดเพียงเท่าที่ความสามารถของแปลงพืชอาหารสัตว์นั้นจะทนได้ในสภาพผลผลิตต่ำสุดก็จะพบว่ามีพืชอาหารสัตว์เหลือเฟือในช่วงฤดูฝนหรือขณะที่มีการเจริญเติบโตมากที่สุดถ้าไม่มีการเพิ่มจำนวนสัตว์ในช่วงเวลานั้นผลผลิตซึ่งเหลือเฟือในช่วงฤดูฝนก็จะมีคุณภาพต่ำลงหากปล่อยทิ้งไว้ในแปลงนอกจากนี้ยังมีผลเสียต่อการฟื้นตัวหากได้รับการแทะเล็มหรือตัดล่าช้าไปมากๆเนื่องจากจุดเจริญอาจแก่เกินไปหรืออาจยืดตัวลอยพ้นผิวดินทำให้เสียหายได้ง่ายดังนั้นนักพืชอาหารสัตว์จึงพยายามที่จะใช้ผลผลิตที่เหลือเฟือเหล่านี้ในลักษณะของการเก็บถนอมไว้ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธีคือการทำหญ้าแห้ง (Hay) และการทำหญ้าหมัก (Silage)

2.5.1 พืชหมัก (silage)

ก็คือผลผลิตของการเอาพืชสดที่ตัดหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วมาหมักในบ่อหมัก ถังหมัก และกระสอบ ภายใต้สภาพปิดไม่มีออกซิเจน (anaerobic) จุลินทรีย์ในบ่อหมักก็จะทำการหมักย่อยและเปลี่ยนสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นสารคาร์โบไฮเดรตให้เป็นสารอินทรีย์ในรูปกรดสภาพกรดที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมักจะมีผลกลับมายับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เอง ระดับกรดที่เหมาะสมในบ่อหมัก pH 3.5-4.54 ความเป็นกรด ณ ระดับนี้จะทำให้เราเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์ไว้ในบ่อหมักได้นานมากกว่าปี ตราบที่เรายังควบคุมให้บ่อหมักอยู่ในสภาพ anaerobic ได้

2.5.2 ทำไมต้องทำพืชหมัก

ทุกวันนี้การทำปศุสัตว์นับวันจะต้องใช้เทคนิคต่างๆเพื่อนลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา ปัจจุบันเราต้องเลี้ยงโคในปริมาณมากขึ้นต่อฟาร์มหรือ

ถึงมีน้อยตัวต่อฟาร์มก็จะเป็นโคที่มีคุณภาพสูง ต้องการการเอาใจใส่อย่างดี อาหารจึงต้องมีความสม่ำเสมอ

2.5.3 ชนิดของพืชหมัก

พืชหลายชนิดสามารถนำมาทำพืชหมักได้ หากใช้พืชสดที่มีรสชาดดีเมื่อนำมาทำพืชหมักก็จะมีรสชาดดีเช่นกัน และถ้าพืชที่รสชาติไม่ดีตอนเป็นพืชสด เมื่อนำมาทำพืชหมักก็จะรสชาติไม่ดีเช่นกัน พืชหมักที่มีการทำส่วนใหญ่เป็น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง หญ้า และถั่วอาหารสัตว์

1.ข้าวโพด-ข้าวฟ่างหมัก (Corn –Sorghum Silage)

ข้าวโพดหมักถือได้ว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพสูงมาก ถ้าทำถูกต้องตามขั้นตอนการปลูก การตัด การหมัก จะเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงเหมาะกับโคให้นมทุกระดับแต่ต้นทุนของข้าวโพดจะมีราคาแพง

2.หญ้าและถั่วหมัก (Grass –Legume silage)

หญ้าและถั่วในเมืองไทยส่วนใหญ่จะเป็นการปลูกผสมผสานกันระหว่างหญ้าและพืชตระกูลถั่ว การปลูกเฉพาะพืชตระกูลถั่วอย่างเดียวมักไม่ทำกัน เนื่องจากผลผลิตต่อไร่ต่ำ ซึ่งในฤดูฝนเรามาสารถนำหญ้าสดที่มีมากเกินความต้องการโคมาทำหญ้าหมัก

2.5.4 รูปแบบของบ่อหมัก

1) แบบถังหมักทรงสูง

มีลักษณะเป็นถังหมักทรงสูงเหมือนถังเก็บน้ำฝนของประเทศไทย ต่างกันที่จะมีท่อลำเลียงหญ้าเข้าและใบพัดเกลี่ยหญ้าภายในถัง รวมทั้งมีท่อลำเลียงหมักเพื่อนำออกมาใช้งาน ถังแบบนี้นิยมใช้ในอเมริกากลางถึงแถบตะวันออกของประเทศเหมาะกับฝูงโคที่เลี้ยงขนาดไม่ใหญ่มากนัก เพราะราคาในการติดตั้งค่อนข้างแพง ขนาดบ่อกว้าง 16-30 ฟุต สูงจากพื้นขึ้นไป30-80 ฟุต บ่อหมักแบบนี้มีการสูญเสียค่อนข้างน้อย และใช้แรงงานคนน้อย เพราะเป็นการใช้เครื่องจักรทั้งสิ้นโดยเริ่มตั้งแต่รถตัดหญ้าเข้ามา แล้วพ่นหญ้าตัดลำเลียงไว้ในขึ้นไปอัดเก็บไว้ในถัง การอัดแน่นจะอาศัยน้ำหนักของหญ้าที่จะกดทับกันเอง

2) บ่อหมักแบบตั้งพื้น

ลักษณะบ่อหมักจะเป็นพื้นคอนกรีต รวมทั้งผนังทั้ง 2 ด้าน ตั้งบนพื้นหรือขุดเป็นร่องในพื้นดินก็ได้ด้านบนเปิดผนังปิด 3 ด้าน ในส่วนผนังอาจเป็นผนังไม้ หรือผนังดินก็ได้ เป็นบ่อหมักที่นิยมใช้กันทั่วไป บ่อหมักแบบนี้เมื่อนำพืชหมักมาบรรจุลงบ่อจะต้องเกลี่ยให้พืชกระจายเป็นแผ่นบาง และใช้รถขึ้นบดอัดแน่นให้แน่นที่สุด เมื่อบดอัดจนได้ที่ก็ให้ใช้พลาสติกดำอย่างหนา ปิดด้านบนทั้งหมดเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำและอากาศซึมเข้าไปในบ่อได้

3) หมักในกระสอบ

การหมักในกระสอบจะใช้การอัดพืชลงในถุงกระสอบให้แน่นแล้วโรยยูเรียหรือกากน้ำตาลเป็นชั้นๆในระหว่างการอัดเมื่อเห็นว่าแน่นแล้วใช้เชือกหรือยางรัดปิดปากถุงให้แน่นหมักไว้ 3-4 สัปดาห์

(ก) การย่อยหญ้า [12] (ข) อัดหญ้าให้แน่น [12]

(ค) ปิดภาชนะให้แน่น [12] (ง)หมักหญ้าทิ้งไว้ 3-4 สัปดาห์ [12]

รูปที่ 2.11 วิธีทำหญ้าหมักแบบใช้แรงงานคน [12]

2.5.5 วิธีการหมัก

ก) หั่นหรือสับหญ้าสดให้มีขนาด 2-3 ซม.

ข) บรรจุหญ้าสดที่หั่นแล้วลงในถุงพลาสติก อัดให้แน่นเพื่อไล่อากาศออกให้หมด ในขณะที่บรรจุหญ้าลงในถุง ให้ใส่กากน้ำตาล เกลือ ลงไปด้วย โดยแบ่งใส่เป็นชั้นๆ เพื่อช่วยให้การหมักดียิ่งขึ้น

ค) ใช้ยางรัดปิดปากถุง ที่บรรจุหญ้าให้สนิท เพื่อป้องกันอากาศและน้ำเข้านำไปเก็บไว้ในที่ร่ม ระวังอย่าให้ถุงมีรอยรั่วซึม เพราะจะทำให้เกิดรา และเน่าเสีย

ง) หมักไว้ 3-4 สัปดาห์ หญ้าเหล่านั้นจะกลายเป็นหญ้าหมัก นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้

2.5.6 ประโยชน์และข้อด้อยของพืชหมัก

ประโยชน์ของพืชหมัก

1) ลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว การสูญเสียจากการทำแห้ง จากการวิจัยพบว่า จะมีการสูญเสียสิ่งแห้งไป 15 เปอร์เซ็นต์ในแปลงขณะตากและอีก 6 เปอร์เซ็นต์ ขณะเก็บรักษา โดยรวมสูญเสีย 21 เปอร์เซ็นต์ หรือ 25 เปอร์เซ็นต์ของDM ขณะที่การทำพืชหมักสูญเสีย 17 เปอร์เซ็นต์

2) ง่ายในการจัดการจ่ายอาหารโดยเครื่องจักร

3) การใช้อาหารหมักมีความเหมาะสม ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนโคเลี้ยงได้มากขึ้นในในพื้นที่จำกัดและพืชหมักจะมีความน่ากินกว่ามีรสชาดที่โคชอบกิน

4) พืชหมักจะยังคงรักษาคุณภาพของอาหารไว้ได้ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ ของพืชสดหรือสูงกว่านั้นขึ้นอยู่กับขั้นตอนการทำพืชหมัก

5) พืชหมักสามารถทำได้ในระหว่างภูมิอากาศไม่อำนวยเช่น ในฤดูฝน ในขณะที่พืชแห้งทำไม่ได้

6) พืชหมักสามารถหมักส่วนของต้นพืชที่ย่อยยาก ทำให้ย่อยได้ง่ายขึ้น

7) ต้องการพื้นที่บรรจุน้อยเมื่อเทียบกับพืชแห้ง(1ลบ.ฟุตของพืชหมักจะมีปริมาณมากเป็น3เท่าของน้ำหนักแห้ง)

8) ในภาคปฏิบัติจะมีความเสี่ยงน้อยกว่าในเรื่องของไฟไหม้ สารพิษ

9) เป็นวิธีที่ประหยัดสุดในการถนอมพืชอาหารสัตว์ มีต้นทุนต่ำสุด

10) เป็นวิธีที่นำพืชสดออกจากแปลงมาบรรจุเก็บได้อย่างง่าย

11) มีปริมาณโภชนะมากกว่าพืชแห้ง รวมทั้ง Carotene และ Unknown factor

12) ถ้ามีการจ่ายอาหารถูกต้อง จะสูญเสียน้อยสุด

13) ได้เปรียบการเลี้ยงบนแปลงหญ้าสด ที่ไม่ต้องการรั้ว เก็บเกี่ยวในระยะที่ต้องการมีความสม่ำเสมอป้องกันการเกิดbloat ลดปริมาณสารพิษที่แปลกปลอมมา

ข้อด้อยของพืชหมัก

1) ต้องการสิ่งปลูกสร้างหลุมเก็บหมัก(silo)ซึ่งราคาของหลุมจะแปรตามชนิดของวัสดุที่ทำ โดยปกติจะทำเป็นหลุมซีเมนต์

2) พืชหมัก จะมีไวตามิน ดี ต่ำกว่าพืชแห้ง

3) พืชหมักจะมีความชื้น 60-70 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการจ่ายอาหารต้องใช้รถบรรทุกนำจ่าย เนื่องจากปัญหาความหนักของพืชหมักเช่นเดียวกับการจ่ายหญ้าสด

4) ต้นทุนการผลิตจะเพิ่มขึ้น ถ้ามีการเสริม Additive ต่างๆ

2.5.7 ลักษณะของพืชหมักที่ดี

เมื่อทำการหมักพืชจนกระบวนการหมักสิ้นสุดแล้วเรามาสารถเก็บรักษาพืชหมักได้เป็นแรมปี แต่ทั่วไปก็จะใช้จนหมดเป็นปีๆไป พืชหมักที่เปิดออกมา จะแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของพืชหมัก ซึ่งมีวิธีตรวจสอบคือ

1) กลิ่น(Odor) ของพืชหมักจะออกกลิ่นเปรี้ยว หอม ของกรด lactic แต่ถ้าพืชหมักไม่ดีจะมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวรวมกันกลิ่นเหม็นอับ

2) รสชาด(Taste) จะเปรี้ยวเล็กน้อย ไม่จืดหรือเปรี้ยวจัดจนเกินไป

3) ไม่มีเชื้อรา สังเกตได้จากการที่พืชหมักจะจับกันเป็นก้อนๆ และมีสายใยของราเกิดขึ้นแสดงว่าเป็นพืชหมักไม่ดี

4) ความชื้นและสี ความชื้นของพืชหมักจะต้องสม่ำเสมอ ไม่มีที่ชื้นมาก ชื้นน้อย เช่นเดียวกับสีของพืชหมักที่จะต้องเป็นสีเดียวกันสม่ำเสมอ สีพืชหมักทั่วไปจะมีสีเขียวตองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อน

5) มี pH อยู่ระหว่าง 3.8-4.2 มี ammonia 8-10 เปอร์เซ็นต์ ของ Nitrogen ทั้งหมดไม่ควรเกิน 10 เปอร์เซ็นต์

6) พืชหมักที่มีเชื้อรา พืชที่มีเชื้อราจะเป็นอันตรายต่อโคมีผลต่อการทำลายตับและสารพิษจากเชื้อราจะยับยั้งกานเจริญเติบโต

2.6 ต้นกำลังและระบบการถ่ายทอดกำลัง

มอเตอร์คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆคือ 1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor) เป็นต้นกาลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมเพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุดนิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมเช่นโรงงานทอผ้าโรงงานเส้นใยโพลีเอ

สเตอร์โรงงานถลุงโลหะหรือให้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้าเป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่างๆของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ 2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Motor) หมายถึงมอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทาหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกลคือตัวหมุนหรือโรเตอร์ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบๆสเตเตอร์เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ซึ่งจะไปตัดกับตัวนาที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่จองสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ก็จะทาให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้[4]

รูปที่ 2.12 มอเตอร์ไฟฟ้า [13]

2.7 รูปแบบของชุดใบมีดและการตัดประเภทของเครื่องย่อยวัสดุ

1) การแบ่งตามขนาดวัสดุที่ป้อนเข้าไปและขนาดของผลผลิตที่ออกมาเครื่องย่อยแบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ลดขนาดประเภทหยาบปานกลางละเอียดและละเอียดมากเครื่องย่อยแต่ละประเภทต่างมีขีดจากัดในเครื่องของความละเอียดของผลผลิตที่ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ของเครื่องตัวอย่างเช่นเครื่องย่อยแบบค้อนไม่สามารถผลิตผงวัสดุที่มีความละเอียดที่สูงมากได้เครื่องย่อยขนาด

หยาบและขนาดกลางได้มักใช้สำหรับย่อยวัสดุขั้นต้นเพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมสาหรับป้อนให้กับเครื่องย่อยที่มีความละเอียดสูงต่อไป

2) การแบ่งตามลักษณะการย่อยซึ่งแบ่งได้ 4 ประเภทหลักคือการอัดการตัดกระแทกและการขัดสีเครื่องย่อยที่ใช้หลักการอัดเช่นเครื่องย่อยแบบตะไบหรือแบบลูกกลิ้งเหมาะสาหรับใช้ในการย่อยอย่างหยาบสำหรับวัตถุที่มีขนาดเป็นก้อนใหญ่เครื่องย่อยที่ใช้หลักการตัดโดยมีอุปกรณ์ใบมีดนั้นเหมาะสาหรับการย่อยขนาดกลางเครื่องย่อยแบบกระแทกเช่นเครื่องย่อยแบบค้อนเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพแต่ก็ยังไม่สามารถให้ผลผลิตที่มีความละเอียดสูงมากๆถ้าต้องการผลผลิตที่มีความละเอียดสูงต้องอาศัยหลักการย่อยแบบขัดสีเข้ามาช่วย

1) การทุบหรือการตีเป็นการใช้พื้นที่ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือทุบก้อนของแข็ง

2) การบีบเป็นการกดบีบก้อนแข็งด้วยพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ

3) การเฉือนอาศัยการเสียดสีระหว่างพื้นที่สองด้านของเครื่องมือ

4) การกระแทกเป็นการเป็นการให้ก้อนของแข็งกระทบกับพื้นที่ใช้งานของเครื่องมือ

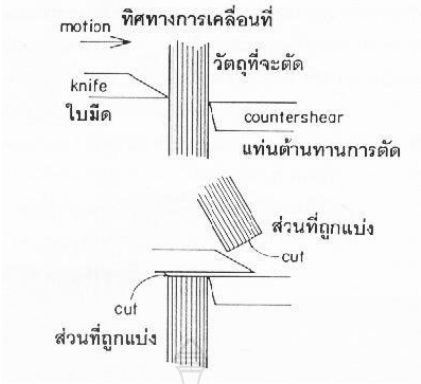
5) การตัดโดยอาศัยความคมจากใบมีดของเครื่องมือ

2.7.1 ความหมายและชนิดของการตัด

การตัดคือกระบวนการทางกลที่แบ่งรูปของวัตถุคงรูป (Rigid body) ตามแนวเส้นที่กำหนดไว้แล้วโดยใช้เครื่องตัด (Cutting tools) ซึ่งมีลักษณะเป็นขอบแน่นอนและเห็นได้ชัดในกรณีทั่วไปวัตถุเดิมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนทำให้มีผิวที่เกิดใหม่ซึ่งเรียกว่าส่วนที่ถูกแบ่งการตัดจะเกิดขึ้นได้ต้องประกอบด้วยส่วนประกอบพื้นฐาน 3 ประการคือวัตถุที่จะตัดใบมีดแท่นรองรับการตัดหรือเขียงโดยใบมีดเคลื่อนที่ผ่านวัตถุที่จะตัดซึ่งถูกยึดให้อยู่กับที่ด้วยแท่นรองรับการตัดการตัดสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

1) การตัดแบบกรรไกร (Scissors cut) คือการตัดที่ใบมีดและแท่นต้านทานการตัดหรือเขี่ย (Counter shear) เคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุทั้งคู่

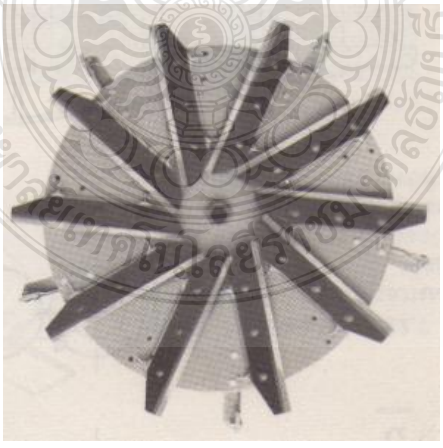
2) การตัดแบบมีด (Knife cut) คือการตัดที่ขอบใดๆที่มีคมหรือใบมีดเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในเนื้อวัตถุเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.13 การตัดแบบมีด [13]

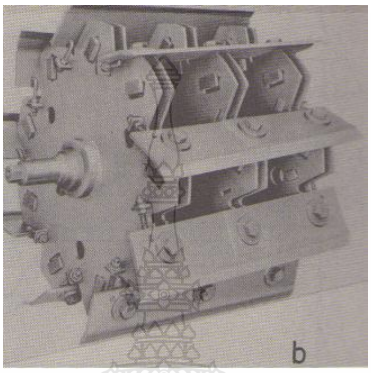
กลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการสับในเครื่องสับพืชอาหารสัตว์มีส่วนประกอบที่เรียกว่าหัวสับ (Cutter head) ซึ่งสามารถแบ่งหัวสับออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1) หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) รูปร่างของหัวสับมีลักษณะเป็นจานกลม ใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมีโดยปกติจะมีใบมีดประมาณ 4-6 ใบเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับประเภทนี้ค่อนข้างใหญ่อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 1.25 เมตรและมีจานวนใบมีดได้ตั้งแต่ 2 , 5 และ 10 ใบ สำหรับเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้าในแปลง (Forage harvester) บนหัวสับประเภทนี้มีใบพัดอยู่ 3 หรือ 4 ใบ ติดอยู่รอบเส้นรอบวงของหัวสับโดยทำหน้าที่เหวี่ยงวัสดุที่ถูกสับขึ้นไปทางด้านบนตามท่อส่งและตกลงในรถพ่วงสำหรับรถบรรทุกในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.14 หัวสับชนิดจานกลม [13]

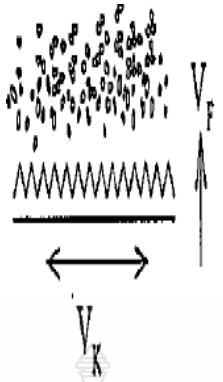
2) หัวสับชนิดทรงกระบอก (Cylinder Type) รูปร่างของหัวสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกโดยปกติจะมีใบมีด 6 ใบและมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 38-46 เซนติเมตร (15-16 นิ้ว) หรือหากมีใบมีด 9 มีดจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 61 เซนติเมตร (24 นิ้ว) หัวสับชนิดทรงกระบอกนี้ทางานในลักษณะสับและเหวี่ยง (Direct throw) ในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.15 หัวสับชนิดทรงกระบอก [13]

หัวสับ (Cutter head) ไม่ว่าจะมีลักษณะแบบใดก็ตามจะมีคุณสมบัติที่เหมือนกันดังนี้ 1.การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างใบมีดจะทาให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลาดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้ามทั้งนี้เพื่อลดแรงบิด 2.ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับแต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆกันเพื่อให้เกิดความสมดุลของหัวสับการเคลื่อนที่ของใบมีดและการป้อนการเคลื่อนที่ใบมีดและการป้อนมีอยู่ 3 ลักษณะใหญ่ๆคือ

1) แบบ Sickle bar การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบชักไปชักมาในแนวเชิงเส้นเคลื่อนที่เข้าหาพืชในแนวตั้งฉากกับการชักใบมีดในรูปที่ 2.16

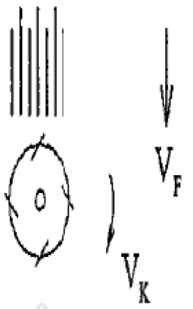


รูปที่ 2.16 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Stickle bar หมุนเคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ [13]

2) แบบ Rotary cutter การเคลื่อนที่ของมีดแบบหมุนเป็นวงกลมแล้วเคลื่อนใบมีดไปตัดวัสดุหรือป้อนพืชเข้ามาหาการหมุนพืชจะตัดตามแนวรัศมีของใบมีดที่หมุนเป็นวงกลมในรูปที่ 2.17

รูปที่ 2.17 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary เคลื่อนที่เข้าหาวัสดุ [13]

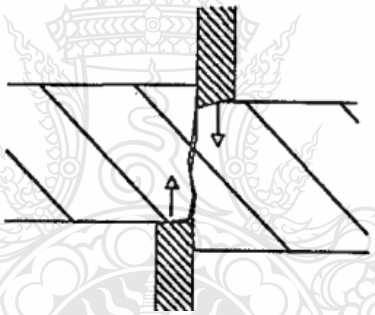
3) การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีดโดยการเคลื่อนที่ของใบมีดเป็นวงกลมอยู่กับที่และวัสดุหรือพืชป้อนเข้ามาหาการหมุนในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 การเคลื่อนที่ของใบมีดแบบ Rotary วัสดุตัดป้อนเข้าหาใบมีด [13]

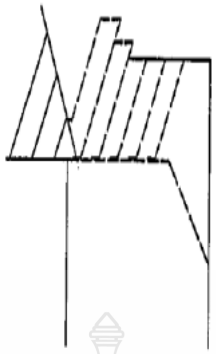
ลักษณะการตัดพืช

1) Solid cut เป็นการตัดพืชที่มีค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นในการรับแรงกดสูงความต้านทานแรงเฉือนเท่ากันทุกทิศทางและความเร็วสัมพัทธ์ของพืชกับมีดมีค่าน้อยในรูปที่ 2.19



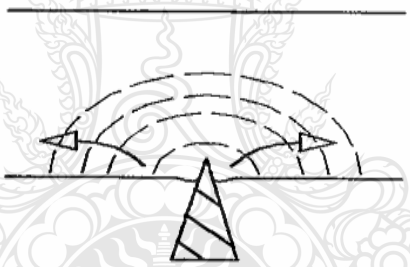
รูปที่ 2.19 ลักษณะการตัดแบบ Solid cut [13]

2) Chip – forming cut, brittle material, in shear คล้ายกับการตัดแบบ Solid cut การเสียหายของพืชเกิดตามความโค้งและความลาดเอียงของผิวที่ประมาณ 45 องศากับระนาบที่ต้องการตัดในรูปที่ 2.20



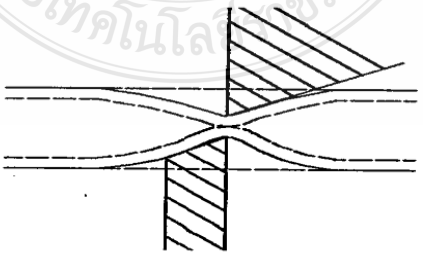
รูปที่ 2.20 ลักษณะการตัดแบบ Chip – forming cut [13]

3) Plastic cut เมื่อปลายมีดออกแรงกดต้นพืชจะก่อรูปร่างเป็นคลื่นภายในต้นพืช ขยายรัศมีเป็นวงกว้างจากจุดที่กระทาการตัดเกิดเมื่อวัสดุมีความชื้นมากและใบมีดมีความคมมากในรูปที่ 2.21



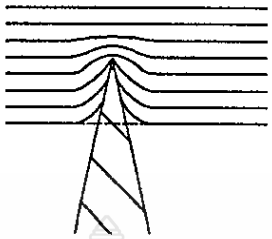
รูปที่ 2.21 ลักษณะการตัดแบบ Plastic cut [13]

4) Solid cut after compression พืชซึ่งมีลักษณะหน้าตัดคล้ายท่อหรือพืชที่มีแกนอ่อนเกิดการอัดก่อนที่โครงสร้างของพืชจะเสียหายแรงตัดจะเพิ่มขึ้นระหว่างการเลื่อนมีดในรูปที่ 2.22



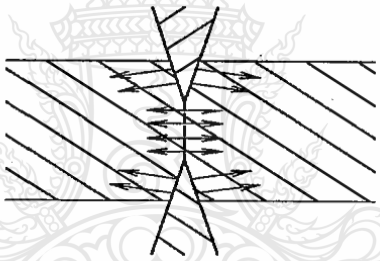
รูปที่ 2.22 ลักษณะการตัดแบบ Solid cut after compression [13]

5) Cut in local tension เกิดกับพืชที่มีโครงสร้างเรียงตัวกันเป็นใยในรูปที่ 2.23



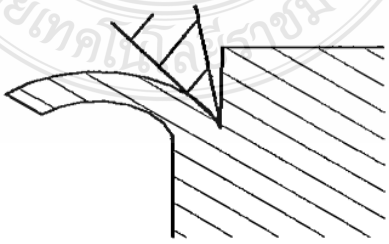
รูปที่ 2.23 ลักษณะการตัดแบบ Cut in local tension [13]

6) Wedging cut ถ้าใบมีดสร้างให้รูปร่างเหมือนลิ่มบางๆและความเสียดทานบนใบมีดน้อยมากแรงตั้งฉากกับการเคลื่อนที่จะเกิดขึ้นในพืชทาให้มีดฉีกพืชออกในแนวตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ในรูปที่ 2.24



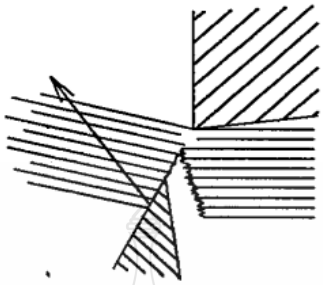
รูปที่ 2.24 ลักษณะการตัดแบบ Wedging cut [13]

7) Chip forming cut Ductile material การตัดที่ทำให้พืชมีการม้วนเกิดกับพืชที่มีความยืดหยุ่นของโครงสร้างผนังเซลล์ในรูปที่ 2.25



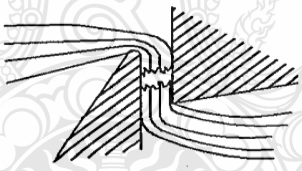
รูปที่2.25 ลักษณะการตัดแบบ Chip forming cut [13]

8) Bending cut เมื่อมีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมากใบมีดจะออกแรงตัดพืช ให้เกิดการขาดของพืชด้วยโมเมนต์ในรูปที่ 2.26



รูปที่2.26 ลักษณะการตัดแบบ Bending cut [13]

9) Tearing cut การตัดในกรณีที่มีช่องว่างระหว่างมีดกับแท่นรองตัดมากและก้านพืช ที่ตัดมีขนาดบางใบมีดจะดันให้พืชขาดออกจากกันในรูปที่ 2.27

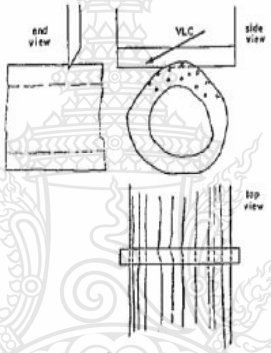


รูปที่ 2.27 ลักษณะการตัดแบบ Tearing cut [13]

10) Scraping cut เป็นการตัดที่ใบมีดเลื่อนเฉียงไปตามผิวโดยเพิ่มแรงตัดใน แนวตั้งฉากกับพืชในรูปที่ 2.28

รูปที่ 2.28 ลักษณะการตัดแบบ Scraping cut [13]

11) Slicing cut เป็นการตัดที่เกิดในลักษณะที่ใบมีดตัดเฉียงตามระนาบมุมที่ใช้ในการตัดลักษณะนี้อยู่ที่ 45 ถึง 90 องศาในรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 ลักษณะการตัดแบบ Slicing cut [13]

2.7.2 การเลือกชิ้นส่วนเครื่องจักร

การออกแบบเครื่องจักรกลนอกจากต้องศึกษาความเป็นไปได้ทางวิศวกรรมความสะดวกในการใช้งานและง่ายต่อการบำรุงรักษาแล้วยังต้องคำนึงถึงความแข็งแรงทนทานจึงต้องมีการคำนวณชิ้นส่วนให้มีความแข็งแรงพอที่จะรับภาระเพื่อให้เครื่องจักรมีความทนทานต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพราะฉะนั้นสิ่งที่จะต้องพิจารณาในการเลือกใช้วัสดุจึงต้องคำนวณสิ่งต่อไปนี้

คุณสมบัติของวัสดุ

วัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ที่ใช้กันไปแล้วจะเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)ในการเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดใดควรเลือกใช้ตามความเหมาะสมหรือชิ้นส่วนได้ผ่านการออกแบบมาแล้วซึ่งสามารถจำแนกชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนออกเป็น 3 ชนิดคือ

1) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ(Low carbon steels) จะมีคาร์บอนผสมอยู่ต่ำกว่า 0.3% เมื่อคาร์บอนน้อยกว่า 0.15% จะไม่สามารถทาการชุบแข็งได้เลยและมีความเหนียว(Ductility)สูงซึ่ง

สามารถที่จะทำการเชื่อมกลึงและไสได้ง่ายถ้ามีคาร์บอนผสมสูงขึ้นระหว่าง 0.2-0.5% เรายังคงสามารถทำการเชื่อมหรือกลึงขึ้นรูปได้ง่ายแต่เหล็กชนิดนี้จะมีความแข็งแรงและมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นกว่าชนิดที่มีคาร์บอน 0.15% และเรายังไม่สามารถทาผิวแข็งได้โดยการเติมคาร์บอนเพิ่มขึ้น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีการใช้งานมาทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและในงานโครงสร้างเช่นใช้ทำท่อโครงสร้างทั่วไป

2) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง(Medium carbon steel) จะมีคาร์บอนต่ำกว่า 0.5% ในบางครั้งต่ำกว่า 0.7% เหล็กพวกนี้สามารถทำการชุบแข็งได้และรับแรงบิด(Torque) สูงตามที่เราต้องการและเหล็กชนิดคาร์บอนปานกลางยังมีความแข็งแรงและยังมีความแข็งสูงกว่าเหล็กชนิดคาร์บอนต่ำและสามารถนำมาชุบหรือเทมเปอร์ได้โดยกรรมวิธีทางความร้อนแบบทั่วไปดังนั้นจึงมักใช้งานที่ต้องการความต้านแรงและทนต่อการสึกหรอผลิตภัณฑ์จากเหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลางคือเพลาแกนเพลาข้อเหวี่ยงก้านสูบและชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ต้องการความต้านแรงสูงกว่าเหล็กล้าคาร์บอนต่ำ

3) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง(High carbon steel) จะมีคาร์บอนมากกว่า 1%

ตารางที่ 2.1 แสดงเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในเหล็กที่นำไปใช้งาน [13]

เหล็กกล้าคาร์บอน	
เปอร์เซ็นต์คาร์บอน	การใช้งาน
0.5-0.8%	เครื่องมือที่มีคมหรือเครื่องมือทีรับแรงบิดสูงเช่นทำค้อนสกัดเป็นต้น
0.5 - 1.0%	ทาเครื่องมือเครื่องใช้เช่นทำคอสว่านสปริงเป็นต้น
1% ขึ้นไป	ทำเครื่องมือที่มีความแข็งมากๆ

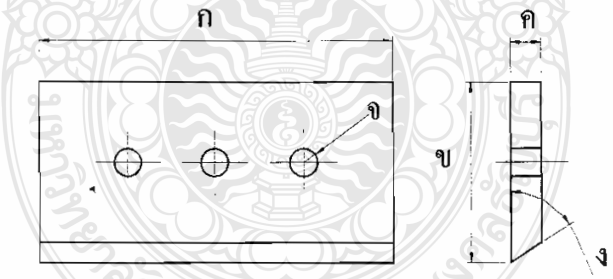
2.7.3 คุณสมบัติของใบมีด

จากเอกสารของสมาคมวิศวกรรมการเกษตร(American Society Agricultural Engineers) ได้กล่าวถึงวัสดุที่เหมาะสมสาหรับนามาทำใบมีดเพื่อใช้หั่นตัดต้นพืชว่าส่วนคมมีดควรมีความแข็งแรงเพียงพอสัมพันธ์กับตัวมีดเพื่อต้านทานต่อการเปลี่ยนความคมของใบมีดลดลงนอกจากความแข็งแรงแล้ววัสดุที่ใช้ทำใบมีดควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมทางด้านการต้านทานต่อแรงดึง(Tensile Strength)

การยืดตัว (Modulus of elasticity) และสัมประสิทธิ์ของแรงเสียดทานระหว่างใบมีดและต้นพืชที่ตัด โดยทั่วไปแล้วโลหะที่ใช้ทาใบมีดควรเป็นเหล็กที่มีส่วนผสมของคาร์บอนสูงเช่นเหล็กกล้าคาร์บอน (High Carbon Steel) โดยควรมีส่วนผสมของคาร์บอน(C) ซิลิกอน(Si) แมงกานีส(Mn) และโครเมียม (Cr) โดยส่วนผสมของคาร์บอนสูงกว่า 0.8% เมื่อทาการชุบแข็งแล้วตรงบริเวณคมมีดควรมีความแข็งระหว่าง 50-60 HRC ตรงบริเวณส่วนอื่นของใบมีดควรมีความแข็งระหว่าง 20 HRC จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งว่าด้วยเครื่องสับย่อยพืชชนิดต่างๆและเครื่องสับย่อยพืชชนิดต่างๆซึ่งมีการผลิตเพื่อจำหน่ายและการศึกษาทั้งหมดจำนวน 13 เครื่องพบว่ามีจำนวน 5 เครื่องที่ใช้หัวสับชนิดทรงกระบอกและจำนวน 5 เครื่องใช้หัวสับชนิดจานกลมและอีก 3 เครื่องที่เหลือจะเป็นการย่อยโดยใช้แกนใบมีดสองแกนหมุนสวนทางกันและขบกันโดยชนิดของหัวสับในการออกแบบนั้นจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องในด้านต่างๆเช่นพืชที่ใช้สับย่อยขนาดของเครื่อง

2.7.4 รูปร่างลักษณะใบมีดและคุณสมบัติของใบมีด

เงื่อนไขข้อนี้เป็นข้อที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการตัดเฉือนเป็นอย่างมากรูปร่างลักษณะใบมีดหมายถึงขนาดความกว้างความยาวมุมของใบมีดรัศมีปลายฟันคมมีดและความหนาของปลายคมมีดความหมายของชื่อต่างๆดังแสดงไว้ในภาพด้านล่างส่วนคุณสมบัติของใบมีดหมายถึงส่วนประกอบของแร่ธาตุต่างๆในโลหะที่นามาทาใบมีดและค่าความแข็งตามจุดต่างๆของใบมีดซึ่งในการออกแบบสัดส่วนและมิติของแต่ละค่านั้นได้พิจารณาดังนี้ดังแสดงในรูปที่ 2.30



ก) ความยาวของใบมีด (หน้ากว้างของการตัด)

ข) ความกว้างของใบมีด

ค) ความหนาของใบมีด

ง) มุมคมของใบมีด

จ) รูยึดใบมีด

รูปที่ 2.30 รูปร่างของใบมีด [13]

2.8 วัสดุที่ใช้ในการสับย่อยปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้เครื่องมือลดขนาด

สมบัติทางของเครื่องลดขนาดคือมี Capacity สูงให้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเดียวกันหรือมีการกระจายขนาดตามต้องการโดยทั่วไปปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกเครื่องมือลดขนาดคือ

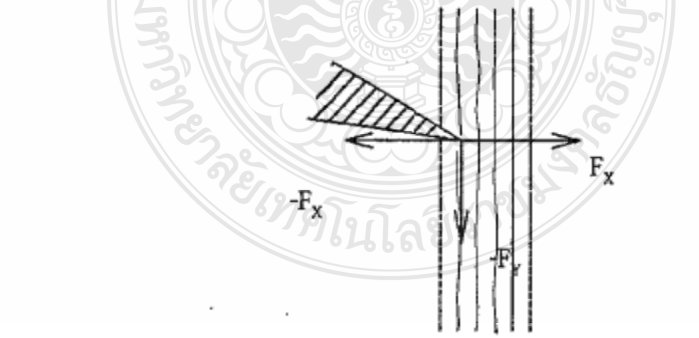
1) ความแข็งเนื่องจากวัตถุดิบมีคุณสมบัติด้านความแข็งต่างกันการทาวัตถุดิบที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงค่อนข้างยากอาจต้องใช้เวลาและพลังงานมากขึ้นส่งผลให้ออกมาช้ากว่าปกติและเครื่องมือต้องมีขนาดใหญ่กว่าเดิมหากต้องการได้ผลผลิตเร็ววัสดุที่แข็งมักทนต่อแรงเสียดสีดังนั้นอุปกรณ์ที่จะใช้ลดขนาดวัตถุประเภทนี้จะต้องเป็นโลหะที่ทนต่อการเสียดสีเช่นเหล็กผสมแมงกานีสและควรออกแบบให้เปลี่ยนได้ง่ายสะดวกรวดเร็วนอกจากนี้ถ้าต้องการให้เครื่องมือคงทนต่อการใช้งานการทำวัตถุที่แข็งให้มีขนาดเล็กลงต้องปรับให้เครื่องจักรหมุนช้าลง

2) ลักษณะโครงสร้างวัตถุดิบหากวัตถุดิบมีโครงสร้างที่ไม่ยึดเหนี่ยวกันมีลักษณะร่วนเช่นแป้งของเมล็ดข้าวฟ่างจะร่วนกว่าเมล็ดข้าวโพดเพราะขาดความเหนียวแบบ stickness การตีจะแตกตัวง่ายกว่าหรือลักษณะเป็นผลึกก็จะตีให้แตกได้ง่ายหรือพวกที่มีขนาดใหญ่จะตีให้แตกได้ง่ายกว่าขนาดเล็กลักษณะที่กล่าวมาแล้วควรใช้แรงอัดแบบบดอัด (Chushing) ก็เพียงพอแล้ว

3) วัตถุที่มีเยื่อใยสูงวัตถุดิบประเภทนี้จะแยกออกจากกันได้ยากควรใช้แรงแบบอัด (Compressive) หรือแบบกระแทก (Impact) ดังนั้นเครื่องมือต้องเป็นแบบตัด

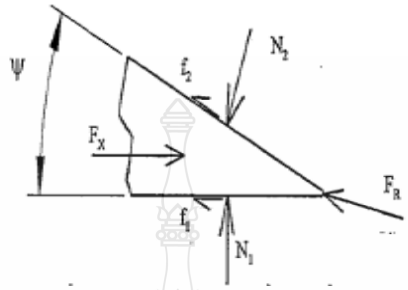
แรงความเค้นที่เกิดในต้นพืช

1. แรงตัด (Cutting force) แรงตัดเป็นผลคูณของความเค้นบนพืชที่ทำโดยใบมีดกับพื้นที่ที่ความเค้นกระทาอยู่แรงตัดคือFxและต้นพืชก็จะมีแรงปฏิกิริยากระทากับใบมีดในทิศทางตรงข้ามในรูปที่ 2.31



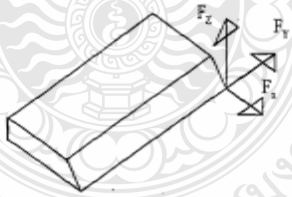
รูปที่ 2.31 แสดง Cutting Force ที่กระทาบนพืชและใบมีด [13]

2.แรงขอบและแรงลิ่ม (Edge force and wedge force) แรงขอบตัดโดยความเค้นสูงในบริเวณที่สัมผัสกับขอบแรงลิ่มกระทาบนด้านของวัสดุที่ถูกดันให้เปิดโดยทั่วๆแรงขอบและแรงลิ่มในรูปที่ 2.32



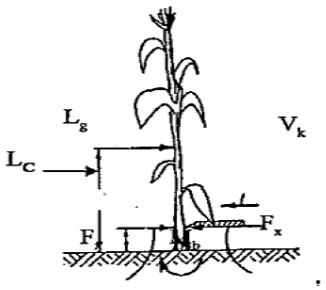
รูปที่ 2.32 แสดงแรงขอบและแรงลิ่มในรูปทั่วๆไป [13]

3. แรงด้านข้างในอุปกรณ์ (Later force) หากให้แรงในทิศทางการเคลื่อนที่ของใบมีดเป็นแรง Fxแรงประกอบกระทาในแนวตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของมีดคือ Fy, Fz จะไม่ช่วยในการตัดแต่จะเป็นแรงที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายของใบมีดด้วยการดัดและการโก่งงอได้ในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 ทิศทางของแรง Fx, Fy และ Fz [13]

4. แรงหนุน (Support force) แรงหนุนสาหรับวัสดุเท่ากับแรงจากใบมีดกระทากับต้นพืชที่ไม่มีแท่นรองตัดดังรูปเป็นการตัดแบบอิสระคือการตัดโดยไม่มีแท่นรองตัดแต่อาศัยแรงตัดของใบมีดอย่างเดียวซึ่งใช้วิธีนี้กับการตัดพืชที่เป็นต้นสูงขึ้นมาจากพื้นในรูปที่ 2.34



รูปที่ 2.34 แรงหนุน (Support Forces) ที่เกิดจากต้นพืช [13]

สายพานขับเคลื่อน (belt Drives) สายพานแบนราบและสายพานรูปตัววี

ได้นำไปใช้ในการถ่ายทอดกำลังจากเพลาเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องรักษาอัตราความเร็วระหว่างเพลาทั้งสองให้มีค่าตามที่แท้จริง (กล่าวคือ สายพานไม่สลิป) โดยทั่ว ๆ ไปในการใช้งานสายพานขับเคลื่อนจะเกิดกำลังสูญเสียอันเนื่องด้วยการสลิป และการยืดของสายพาน ซึ่งจะยืดประมาณ 3-5% ของความยาวทั้งหมด ในการพิจารณาของบทนี้ จะสมมติให้เพลาทั้งสองวางขนานกัน แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสายพานแบนราบและรูปตัววี อาจจะถูกใช้งานในลักษณะพิเศษโดยที่เพลาวางไม่ขนานกันก็ได้ ซึ่งในกรณีเพื่อให้สายสามารถคล้องบนรอกได้ รอกต้องอยู่ใกล้ระนาบที่ตั้งฉากกับแกนการหมุนของรอก

การออกแบบสายพาน

เกี่ยวข้องกับทั้งการเลือกสายพานที่เหมาะสมต่อกำลังที่จะส่งผ่านและเกี่ยวกับ การคำนวณหากำลังที่สามารถส่งผ่านได้ของทั้งสายพานแบนราบหรือสายพานรูปตัววี โดยทั้งสองกรณีจะพิจารณาว่าทราบความหนาของสายพาน แต่ในกรณีแรกความกว้างของสายพานเราจะไม่ทราบ ส่วนกรณีที่สองเราต้องการทราบความกว้างของสายพาน

กำลังที่ส่งผ่านสายพาน โดนสายพานขับเคลื่อนจะมีค่าเป็นฟังก์ชั่นของแรงดึงในสายพานและความเร็วของสายพาน

$$\text{Power (Watt)} = (T_1 - T_2)v \tag{2.1}$$

เมื่อ T_1 = แรงดึงในสายพานด้านตึง หน่วยเป็น N

T_2 = แรงดึงในสายพานด้านหย่อน หน่วยเป็น N

v = ความเร็วของสายพาน หน่วยเป็น m/s

สำหรับสมการต่อไปจะใช้หาความเค้น s_2 สำหรับสายพานแบนราบเมื่อเราทราบความหนาของสายพานแต่ไม่ทราบความกว้างของสายพาน

$$\frac{s_1 - m'v^2}{s_2 - m'v^2} = e^{f\alpha} \tag{2.2}$$

s_1 = ความเค้นที่ยอมให้ผ่านมากที่สุด หน่วยเป็น N/m^2

s_2 = ความเค้นด้านหย่อนของสายพาน หน่วยเป็น N/m^2

m' = มวลของสายพานที่ยาว 1m. และมีพื้นที่หน้าตัด 1 m^2

v = ความเร็วของสายพาน หน่วยเป็น m/s

f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างสายพานกับรอก

α = ค่ามุมที่สายพานสัมผัสกับรอก หน่วยเป็น rad.

ในกรณีที่เราไม่ทราบความกว้างของสายพาน สามารถหาพื้นที่หน้าตัดที่ต้องการของสายพานได้ ดังนี้

$$\frac{T_1 - T_2}{s_1 - s_2} = \text{พื้นที่หน้าตัดที่ต้องการ} \tag{2.3}$$

นั่นคือ ความกว้างของสายพานที่ต้องการ b = พื้นที่หน้าตัด/ความหนา ส่วนค่าของ $(T_1 - T_2)$ หาได้จากกำลังที่ส่งผ่าน $P = (T_1 - T_2)v$ หน่วยเป็น W

แรงดึงที่มากที่สุด ในด้านตึงของสายพานจะขึ้นอยู่กับความเค้นที่ยอมให้ได้ของวัสดุที่นำมาใช้ทำสายพานทั่วๆไป สายพานจะทำมาจากยางเสริมหนังสัตว์หรือเส้นฝ้าย โดยความเค้นที่ยอมให้ได้ของสายพานเสริมสายหนังมีค่า 2-3.45 MPa. ส่วนความเค้นที่ยอมให้ได้ของสายพานยางจะมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 1.7 MPa. ขึ้นอยู่กับคุณภาพของวัสดุ นอกจากสายพานเสริมหนังจะมีการเสริมหนึ่งชั้น ยังมีการเสริม 2 ชั้น และ 3 ชั้นอีกด้วย ความหนาแน่นของสายพานเสริมหนัง จะมีค่าประมาณ 970 kg/m^3 ส่วนสายพานยางอาจมีการเสริมเส้นฝ้ายเป็นชั้นๆ และมีความหนาแน่นของสายพานนี้อยู่ประมาณ 1,250 kg/m^3

เมื่อเราทราบความกว้างและความหนาของสายพาน เราสามารถหาค่า T_2 ของทั้งสายพานแบนราบและรูปตัววี ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{T_1 - mv^2}{T_2 - mv^2} = e^{f\alpha / \sin\frac{1}{2}\theta} \quad : \quad \text{เมื่อ } m = btp \tag{2.4}$$

เมื่อ m = มวลของสายพานที่ยาว 1 m

v = ความเร็วของสายพาน หน่วยเป็น m/s

b = ความกว้างของสายพาน หน่วยเป็น m

t = ความหนาของสายพาน หน่วยเป็น m

ρ = ความหนาแน่นของสายพาน หน่วยเป็น

f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างสายพานกับรอก

α = ค่ามุมสัมผัส หน่วยเป็น rad.

θ = ค่ามุมของร่องรอกตัววี ($\theta = 180°$ สำหรับสายพานแบบราบ)

ปริมาณของค่า mv^2 เป็นไปตามแรงเหวี่ยง ซึ่งเกิดเนื่องจากสายพานเคลื่อนออกจากรอก ซึ่งจะมีผลทำให้กำลังที่จะส่งผ่านมีค่าลดลง

2.8.1 ความสามารถในการรับภาระงาน

ของรอกคู่หนึ่ง สามารถหาได้จากรอกตัวเล็ก โดยคิดจาก $e^{f\alpha \sin\frac{1}{2}\theta}$ ดังนั้น สายพานรูปตัววี จึงถูกนำมาใช้กับระบบรอกที่มีทั้งรอกร่องตัววีและรอกแบนราบ เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นของเครื่องจักรกล

สายพานที่มีการบิดมากเกินไป จะส่งผลให้อายุการใช้งานสั้นลง ส่วนอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางของรอกต่อความหนาของสายพานมีค่าน้องสุด เท่ากับ 30 จึงจะทำให้อายุการใช้งานของสายพานเหมาะสม

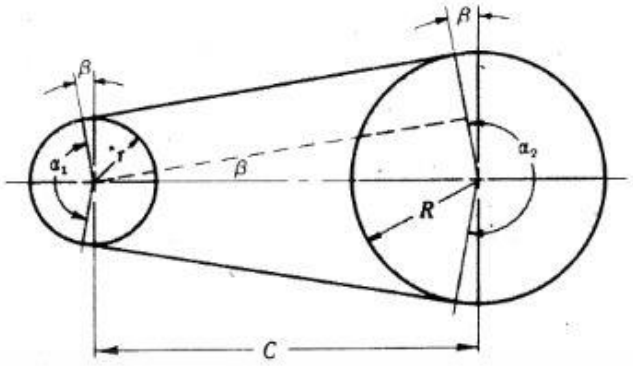
การเลือกสายพาน

ควรเลือกบนพื้นฐานของการใช้งานในสมการที่เหมาะสม หรือโดยใช้ตารางหรือแคตตาล็อคของผู้ผลิตสำหรับในหนังสือเล่มนี้จะนำวิธีของการเลือกสายพานทั้งการใช้สมการ และคำแนะนำจากผู้ผลิต ซึ่งได้ให้แฟคเตอร์ที่ปลอดภัยต่อการออกแบบ

มุมสัมผัส สำหรับสายพานปิด หาได้ดังนี้

$$\sin\beta = \frac{R-r}{C} \tag{2.5}$$

$$\alpha_1 = 180° - 2\beta = 180° - 2\sin^{-1}\frac{R-r}{C}, \alpha_2 = 180° + 2\beta = 180° + 2\sin^{-1}\frac{R-r}{C}$$



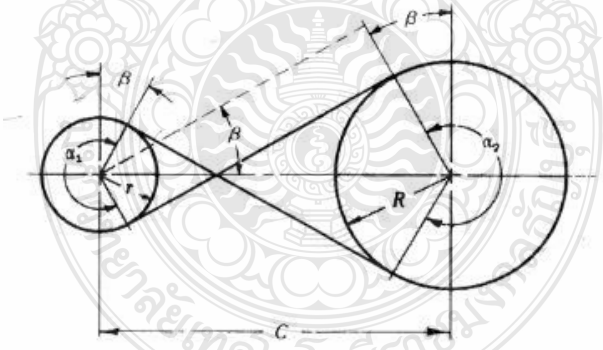
รูปที่ 2.35 สายพาน [14]

สำหรับสายพานไขว้ มุมสัมผัสหาได้ดังนี้

$$\sin\beta = \frac{R+r}{C} \tag{2.6}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 180° + 2\beta$$

$$= 180° + 2\sin^{-1}\frac{R+r}{C}$$



รูปที่ 2.36 สายพานไขว้ [14]

กระบอกไฮดรอลิกส์ (HYDRAULIC CYLINDERS)

เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนในระบบไฮดรอลิกส์ที่นิยมใช้ในทุกอุตสาหกรรม โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานแรงดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์เป็นแรงผลักหรือดึงในแนวเชิงเส้น กระบอกสูบที่พบในอุตสาหกรรมทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ๆได้ 3 แบบคือ

1) กระบอกสูบแบบมาตรฐาน (Standard Hydraulic Cylinder)

รูปที่ 2.37 กระบอกไฮดรอลิกส์แบบมาตรฐาน [15]

กระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบมาตรฐานเป็นที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนมาก ง่ายต่อการบำรุงรักษา สามารถเลือกการติดตั้งได้หลายรูปแบบ มีทั้งในรุ่นแรงดันต่ำ (Low pressure 70 bar) และในรุ่นแรงดันสูง (High Pressure 210 bar) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ขนาด 32 มิลลิเมตร ถึง 250 มิลลิเมตร ความยาวช่วงชัก (Stroke) ตั้งแต่ 10 มิลลิเมตร ถึง 2,500 มิลลิเมตร

2) กระบอกสูบแบบกลม (Welded Cylinder)

รูปที่ 2.38 กระบอกสูบกลมแบบมาตรฐาน [15]

กระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบกลม (Welded Cylinder) หรือบางทีนิยมเรียกว่า แบบกลมเชื่อม พบมากในงานMobile เช่น ในรถเครน เรือ เครื่องบิน รถขุดเจาะ เนื่องจากสามารถรับแรงดันได้สูงสุด 350 bar ในรุ่น High Pressure โครงสร้างของกระบอกสูบชนิดนี้จะถูกออกแบบให้

เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ ขนาด 32 มิลลิเมตร ถึง 600 มิลลิเมตร ความยาวช่วงชัก (Stroke) ตั้งแต่ 10 มิลลิเมตร ถึง 2,500 มิลลิเมตร

3) กระบอกสูบแบบคอมแพค (Hydraulic compact Cylinder)

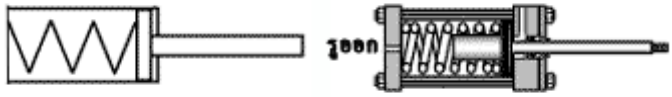
รูปที่ 2.39 กระบอกสูบคอมแพคแบบมาตรฐาน [15]

กระบอกสูบไฮดรอลิกส์แบบคอมแพค (Hydraulic compact Cylinder) เหมาะกับงาน Automation ในงานประเภท Clamp งาน Jig เป็นต้น โครงสร้างของกระบอกชนิดนี้ส่วนใหญ่ทำจากอะลูมิเนียม จึงมีแรงดันที่เหมาะสมกับการใช้งานของกระบอกชนิดนี้คือ 70 bar และมีช่วงชักที่ไม่ยาวมาก โดยความยาวช่วงชักของกระบอกชนิดนี้ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร กระบอกชนิดนี้เหมาะสำหรับการติดตั้ง Sensor เพื่อจับตำแหน่งของลูกสูบ

กระบอกไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Cylinder)

กระบอกไฮดรอลิกส์คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนกำลังงานความดันและความเร็วของน้ำมันไฮดรอลิกส์เป็นกำลังงานกลในแนวเส้นตรง เพื่อนำไปใช้ในการขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ในการดัน ยก ดึง หรือขับเคลื่อนชิ้นงาน กระบอกสูบจะแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1) กระบอกสูบทางเดียว (Single acting cylinder) กระบอกสูบทางเดียว ทำงานโดยการรับน้ำมันจากกระบอกสูบทางด้านหัวเพียงทางเดียว เพื่อผลักดันให้ลูกสูบและก้านสูบเคลื่อนที่ไปดันชิ้นงาน โดยจะใช้แรงดันจากสปริงเป็นตัวผลักดันให้ลูกสูบค่อยๆเคลื่อนที่กลับอย่างช้า



รูปที่2.40 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบทางเดียว [15]

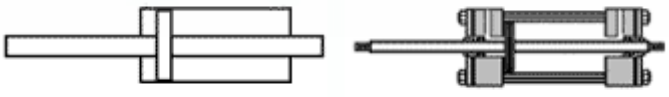
2) กระบอกสูบสองทาง (Double acting cylinder) กระบอกสูบสองทาง ทำงานโดยรับน้ำมันจากกระบอกสูบได้ทั้งด้านหัวและด้านก้านสูบ โดยจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ลักษณะคือ

- ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อผลักดันชิ้นงาน โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านหัวลูกสูบและให้น้ำมันออกทางด้านก้านสูบ

- ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานกลับเข้ามา โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านก้านสูบและให้น้ำมันออกทางด้านหัวลูกสูบ

รูปที่ 2.41 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบสองทาง [15]

3. กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านสูบสองด้าน (Double rod cylinder) กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านสูบสองด้าน ทำงานโดยรับน้ำมันจากกระบอกสูบได้ทั้งสองด้าน เพื่อใช้ในการผลักและดึงชิ้นงาน



รูปที่ 2.42 รูปสัญลักษณ์กระบอกสูบสองทางแบบมีก้านกระบอกสูบสองด้าน [15]

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 โครงการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่ (เจ็ดยอด)

อนุชาและดุสติ [16] จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่ (เจ็ดยอด)ซึ่งโครงสร้างของเครื่องย่อยใบไม้ ผลิตด้วยเหล็กฉาก ขนาด 2 นิ้ว มีความหนา 5 มิลลิเมตร กรุด้วยเหล็กแผ่นหนา ๖ มิลลิเมตร มีความ มีระบบล้อสำหรับเคลื่อนย้าย จำนวน 4 ล้อ ใช้มอเตอร์ขนาด 5 HP.ใช้ความเร็วรอบที่ 2,560 รอบต่อนาที ระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส มีพูลเลย์ขนาด 8 นิ้ว ใช้สายพาน ชนิด B80 จำนวน 2 เส้น ใช้แบริ่ง 207 ขนาด 1 นิ้ว 2 หุน ระบบใบมีด เป็นแบบใบมีดหมุนอิสระจำนวน 4 แถว มีทั้งหมด 16 ใบ ตัวตลับใบมีดเป็นแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีระบบตะแกรงเพื่อให้เศษใบไม้ที่ย่อยผ่านลงไป มี 2 ขนาดคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 หุน และ ขนาด 1 นิ้ว สามารถย่อยใบไม้และ กิ่งไม้เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร มีน้ำหนักรวมทั้งสิ้น 200 กิโลกรัมในเวลา 1 ชั่วโมง ในการดำเนินการวิจัยได้มีการทดลอง ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขเครื่องย่อยกิ่งไม้ใบไม้จนสำเร็จลุล่วงสามารถนำมาใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์เป็นอย่างดี

รูปที่ 2.43 เครื่องย่อยใบไม้สำหรับงานอาคารสถานที่ [16]

2.9.2 การพัฒนาเครื่องย่อยทางสละ

ณัฐวุฒิและคณะ [17] การพัฒนารอบการทำงานของเครื่องย่อยทางสละเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการทำงาน รวมถึงให้เห็นความแตกต่างระหว่างการทำงานของเครื่องย่อยทางสละเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องก่อนมีการพัฒนาและหลังการพัฒนาแล้วผลสรุปจากการพัฒนาแล้วสามารถลดเวลาในการทำงานของกลุ่มเกษตรกรได้ถึงร้อยละ 13.89 ในขณะเดียวกันยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้แก่กลุ่มเกษตรกรด้วยปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นเป็นปริมาณถึง 5,760 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งจากเดิมก่อนมีการพัฒนาย่อยได้เพียง 3,360 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังจากการพัฒนาทำให้กลุ่มเกษตรกรบ้านหมื่นซ่อง ตำบลกระแจะ อำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี มีความสามารถในการทำงานรวดเร็วมากขึ้นและเพิ่มปริมาณทางสละที่ย่อยได้

รูปที่ 2.44 เครื่องย่อยทางสละ [17]

2.9.3 การพัฒนาเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก

สมพงษ์ [18] จากการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็กโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ด้านวัสดุที่ใช้ในการสร้างเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก รองลงมาด้านความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก และด้านระบบขับเคลื่อนของเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก การพัฒนาเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก โดยการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก และตรงความต้องการจำเป็นของเกษตรกร ประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็กมีอัตราการย่อยเฉลี่ย 39.08 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อทดลองย่อยวัชพืชเปรียบเทียบโดยใช้แรงงานคนและใช้เครื่องย่อยอเนกประสงค์ คนสามารถย่อยวัชพืชได้โดยเฉลี่ย 14.04 กิโลกรัม/ชั่วโมง

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็กเมื่อเทียบการทำงานแล้วพบว่าเครื่องสามารถย่อยวัชพืชได้มากกว่าคนเป็น 2.8 เท่า

2.9.4 การพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า

โกศล[19] การวิจัยเรื่องการพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งและหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งที่สร้างขึ้นโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญและการทดลอง ซึ่งเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งอาศัยหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ 3 แรงม้า ส่งกำลังโดยสายพานและพูลเลย์ในการขับเคลื่อนเพลา มีชุดใบตีเปลือกมะพร้าวเป็นลักษณะยึดติดกับแกนเพลาและใช้ตะแกรงร่อนเพื่อทำหน้าที่แยกใยและขุยมะพร้าวออกจากกัน การดำเนินการทดลองผู้ศึกษาทำการประเมินคุณภาพของเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 ท่าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพ พบว่าโดยภาพรวมเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี (= 4.33, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาเป็นด้านพบว่า ส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับดีเช่นกัน โดยมีด้านผลิตอยู่ในระดับดีมาก (= 4.61, S.D. = 0.52) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ส่วนใหญ่มีคุณภาพอยู่ในระดับดี โดยมีความเหมาะสมของขนาดและรูปร่าง ความสะดวกในการป้อนเปลือกมะพร้าว ปริมาณของขุยมะพร้าวที่ได้อยู่ระหว่าง 1.2-1.5 กิโลกรัมต่อชั่วโมงพร้อมการแยกใยและขุยมะพร้าวออกจากกันได้ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พบว่าเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวสามารถย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งได้ปริมาณขุยมะพร้าวเฉลี่ย 1.62 กิโลกรัม และใยมะพร้าวเฉลี่ย 1.13 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งจากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งมีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และขอบเขตของการศึกษา

รูปที่ 2.45 เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า [19]

2.9.5 การสร้างเครื่องย่อยต้นสาคู

ปรุฬห์ [20] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบในการย่อยต้นสาคูโดยการพัฒนาจากเครื่องย่อยต้นสาคูแบบดั้งเดิม โดยได้นำหลักการทางเทคโนโลยีและภูมิปัญญาท้องถิ่นเข้ามาประยุกต์ใช้ จากการประเมินคุณภาพของเครื่องย่อยต้นสาคูที่สร้างขึ้นใหม่ ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นในด้านการออกแบบเครื่อง ว่าอยู่ในเกณฑ์ดี เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้ประเมินด้วยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) ของรายการประเมินทั้ง 10 จุดเท่ากับ 0.88 ซึ่ง อยู่ในเกณฑ์มากกว่า 0.5 ในด้านการทำงานของเครื่องย่อยต้นสาคู ประเมินโดยค่าเฉลี่ยดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์ (IOC) ของรายการประเมินทั้ง 10 จุด เท่ากับ 0.88 อยู่ในเกณฑ์มากกว่า 0.5 จึงสรุปได้ว่าเครื่องย่อยต้นสาคูที่สร้างขึ้นใหม่มีคุณภาพดี โดยสามารถย่อยต้นสาคูได้ในปริมาณที่มากขึ้นและคุณภาพของสาคูที่ได้หลังจากการย่อยมีสภาพละเอียดเหมาะสมกับการนำไปเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร และสามารถนำไปใช้งานได้ประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องย่อยต้นสาคูแบบดั้งเดิมที่จะส่งผลให้เกิดอันตรายจากกระบวนการย่อยสาคูและปริมาณการย่อยได้น้อยกว่า

2.9.6 การพัฒนาเครื่องอัดขี้เลื่อยกึ่งอัตโนมัติสำหรับการเพาะเห็ด

สมศักดิ์ [21] เครื่องที่พัฒนาเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ มีมิติ 60x63.5x135.50 เซนติเมตร หลักการทำงานด้วยการขึ้นลงของหัวอัดด้วยระบบไฮดรอลิกส์ ใช้มอเตอร์ต้นกำลังขนาด ¾ แรงม้า ความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาทีขับปั๊มไฮดรอลิกส์ ชุดควบคุมการทำงานใช้สวิทซ์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์เปิดปิดกระแสไฟฟ้าที่จะส่งไปยังวาล์วระบบไฮดรอลิกส์เพื่อบังคับทิศทางการไหลของน้ำมันให้ดันลูกสูบที่ติดตั้งหัวอัดกดขี้เลื่อยให้ได้ความหนาแน่นต้องการ เครื่องสามารถทำการอัดขี้เลื่อยได้ความหนาแน่นสม่ำเสมอและมีอัตราการทำงานเท่ากับ 448 ถุงต่อชม. ในขณะที่การอัดขี้เลื่อยโดยแรงงานคนมีอัตราเท่ากับ 105 ถุงต่อชม.

2.9.7 การออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางข้าวแบบก้อน

ณัฐพลและคณะ [22] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางข้าวแบบก้อนขนาดเล็กเพื่อใช้อัดฟางข้าวในชุมชนโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง ทำการหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดฟางข้าวที่สร้างและเปรียบเทียบกับแบบใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลัง จากเครื่องยนต์ดีเซลพบว่าปริมาตรต่อความหนาแน่นใน 1 กิโลกรัม ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ดีเซลอัดได้ 10,554.65 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกิโลกรัม ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถอัดได้ 5,294.21 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกิโลมกรัม เครื่องยนต์ดีเซลมีความหนาแน่น 1.60 กิโลกรัมต่อแรงม้า จากข้อมูลพบว่ามอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำการอัดฟางข้าวได้แน่นกว่าเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อเปรียบเทียบที่ 1 แรงม้าเท่ากัน

2.9.8 การวิจัยและพัฒนาเครื่องย่อยวัชพืชและกิ่งไม้

ณัฐพงษ์และคณะ [23] การทำงานของเกษตรกรมีประสิทธิภาพ เป็นไปอย่างรวดเร็วและประหยัดแรงงาน รวมทั้งประหยัดเวลาในการทำงาน ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้มีการดำเนินการทดลองการทำงานของเครื่องย่อยวัชพืชและกิ่งไม้ ว่ามีความบกพร่องตรงส่วนไหน เพื่อที่จะทำการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานที่สมบูรณ์ ทางคณะผู้จัดทำ ได้พัฒนาใบมีดให้มีขีดความสามารถเพิ่มขึ้น โดยการชุบแข็ง และปรับรูปทรงใหม่เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน ในขณะเดียวกันยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้แก่เกษตรกรด้วยปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ย 3,310 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งคุณภาพเหล่านี้สามารถที่จะผลักดันให้เกษตรกร มีความสามารถในการทำงานได้เป็นอย่างดียิ่งขึ้น

2.9.9 เครื่องอัดหญ้าหมักอาหารสัตว์

สราวุธและคณะ [24] เครื่องอัดหญ้าหมักอาหารสัตว์ประดิษฐ์ขึ้นมา มีหลักการทำงาน คือ เมื่อเปิดสวิชต์ไฟฟ้าทำงานส่งกำลังไปยังมอเตอร์ขนาด 3 แรง ทำให้มอเตอร์หมุนส่งกำลังไปยังปั๊มแรงดันสูง ทำให้น้ำมันไฮดรอลิกส์ไหลไปสู่คอนโทรนวาล์ว นำหญ้าไปใส่ไว้ในที่ถังเก็บหญ้า โยกคอนโทรลขึ้นทำให้แผ่นกดอัดหญ้าจนแน่น แล้วโยกคอนโทรลลงทำให้แผ่นกดขึ้นแล้วดึงที่ใส่ออกมาเอาหญ้าออกแล้วมามัดปากถุงให้แน่น

รูปที่ 2.46 เครื่องอัดหญ้าหมักอาหารสัตว์ [24]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลข้างต้นที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนต่อไปเป็นการเตรียมอุปกรณ์และเป็นการวางงานแผนการดำเนินงานเพื่อที่จะพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่องสามารถใช้งานได้จริง และมีประสิทธิภาพ

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์ที่ใช้

1. เหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้วหนา 5 มิลลิเมตร
2. เหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว หนา 3 มิลลิเมตร
3.เหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว
4. เหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร
5. พูลเลย์ขนาด 3 นิ้ว
6. พูลเลย์ขนาด 5 นิ้ว
7.สายพาน
8. น๊อต
9. เหล็กกลมตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว
10. ปั๊มไฮดรอลิกส์
11.กระบอกไฮดรอลิกส์
12. สายไฮดรอลิกส์
13.วาล์วควบคุมทิศทางการไหล
14.ชุดเครื่องมือวัด

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับหญ้าอาหารสัตว์และปัญหาที่เกิดจากการเก็บหญ้าอาหารสัตว์ด้วยวิธีดั้งเดิม

3.2.2 ออกแบบชุดใบมีดและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

3.2.3 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

3.2.4 วิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม

3.3 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับหญ้าอาหารสัตว์

ศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักและข้อมูลที่จำเป็นสำหรับเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์จากกลุ่มเกษตรกรเลี้ยงโคนมรายย่อย อำเภอหนองม่วง จังหวัดลพบุรี และสัมภาษณ์ถึงปัญหาที่พบในการทำหญ้าหมักเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์รวมถึงเปรียบเทียบการทำงานกับเครื่องต้นแบบและแรงงานคน

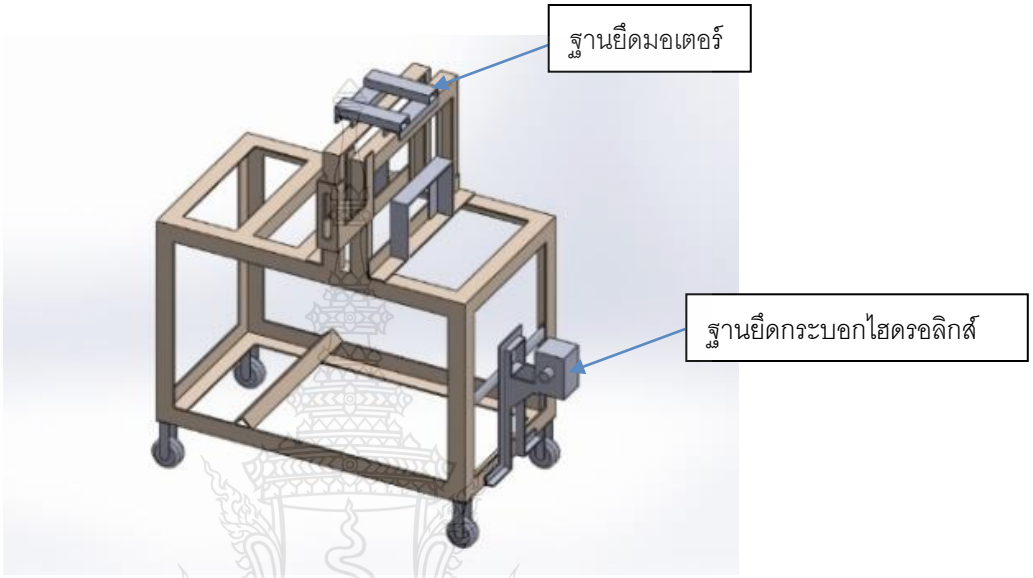
3.4 ออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

รายละเอียดในการออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยโดยมีส่วนประกอบหลักใหญ่ๆคือ โครงสร้างเครื่อง ช่องป้อนหญ้า ชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้า ระบบต้นกำลัง และ ระบบไฮดรอลิกส์ รายละเอียดในการออกแบบมีดังนี้

3.4.1 โครงสร้างเครื่องทำจากเหล็กฉากขนาด 1.5 นิ้ว หนา 5 มิลลิเมตร นำมาเชื่อมติดกันโดยให้ขนาดกว้าง 500 มิลลิเมตร ยาว 900 มิลลิเมตร สูง 600 มิลลิเมตร ใช้เหล็กกล่องขนาด 1นิ้วต่อขึ้นด้านบน โครงสร้างเครื่องมีหน้าที่เป็นโครงตัวยึดให้กับทุกชิ้นส่วนหลัก ด้านบนแสดงดังรูปที่ 3.1

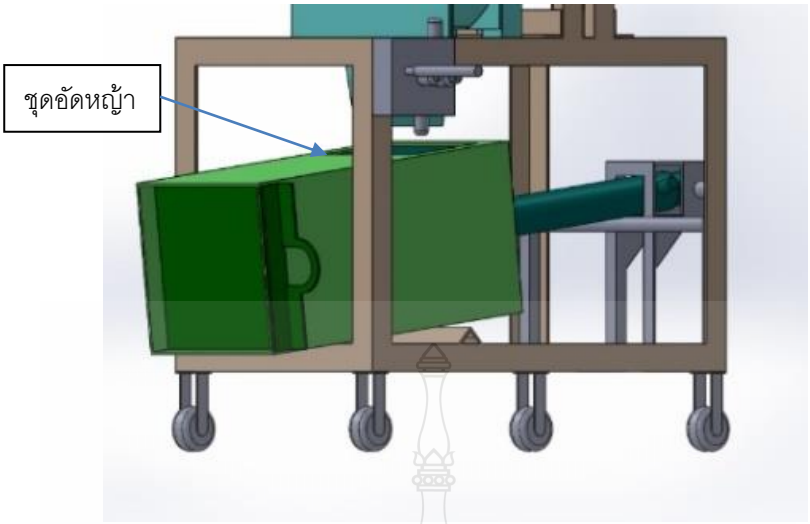
รูปที่ 3.1 โครงสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

3.4.2 โครงสร้างเครื่องที่เพิ่มชุดเชื่อมต่อระบบมีหน้าที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ส่งกำลังโดย โดยใส่เหล็กฉากเพื่อให้ถังอัดมีองศาในทำงาน ต่อแท่นรับกระบอกไฮดรอลิกส์ เพิ่มฐานมอเตอร์ และล้อเพื่อเคลื่อนไหวสะดวกแสดงดังรูปที่ 3.2



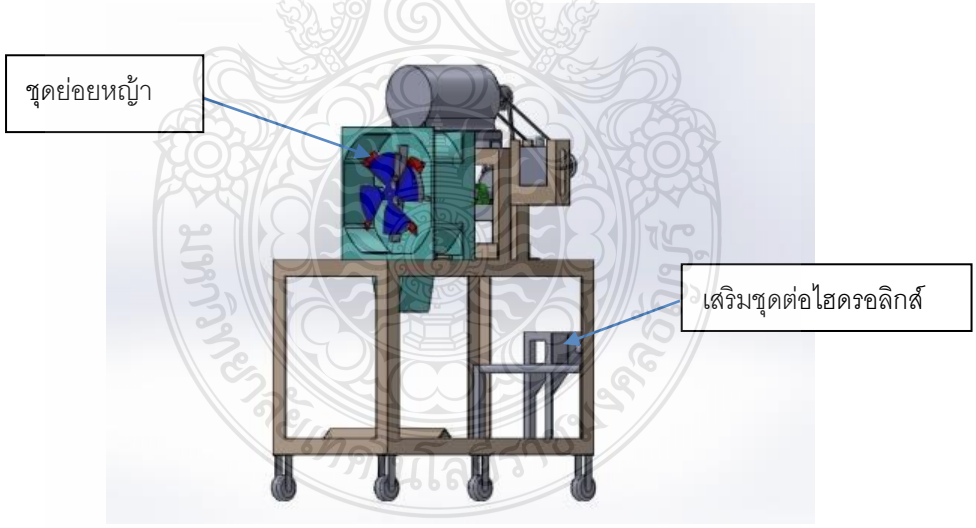
รูปที่ 3.2 ฐานยึดมอเตอร์และกระบอกไฮดรอลิกส์

3.4.3 ชุดอัดหญ้าในส่วนโครงชุดอัดประกอบเชื่อมติดด้วยเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตรให้ขนาดกว้าง 310 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตรสูง 310 มิลลิเมตรต่อกับชุดไฮดรอลิกส์ ต่อวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ในชุดอัดจะมีถังอัดขนาด กว้าง 300 มิลลิเมตรยาว 300 มิลลิเมตร สูง 300 มิลลิเมตร ทำประตูทางออกของถังอัด หน้าที่ของชุดนี้คือการอัดหญ้าเป็นทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ชุดอัดหญ้า

3.4.4 ชุดย่อยหญ้า นำชุดใบมีดมาเชื่อมติดเข้ากับโครงและนำชุดครอบใบมีดมาเชื่อมติด โดยชุดเสื้อย่อยหญ้าทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตรให้ขนาดฐาน 400 มิลลิเมตรสูง 570 มิลลิเมตรหนา 185 มิลลิเมตร ต่อชุดส่งกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าแสดงดังรูปที่ 3.4

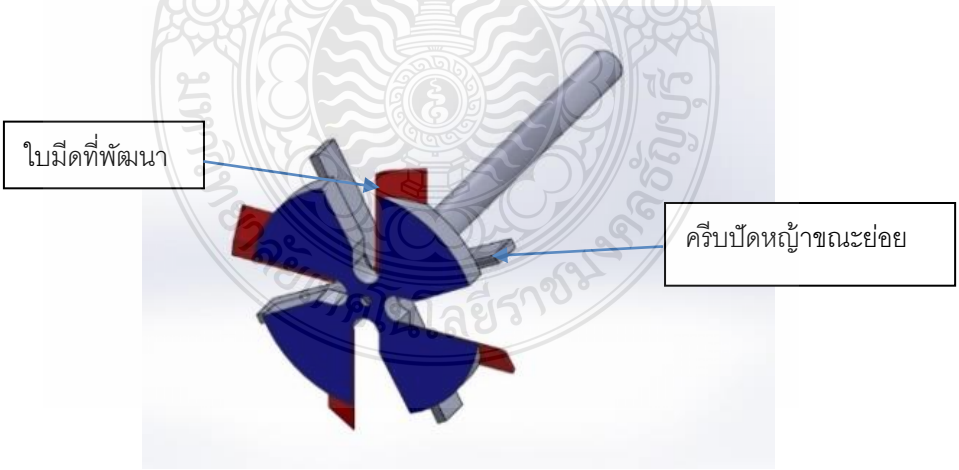


รูปที่ 3.4 ชุดย่อยหญ้า

3.4.5 กระบอกไฮดรอลิกส์เชื่อมติดกับเหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตรกระบอกไฮดรอลิกส์มีระยะชัก500 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว กระบอกไฮดรอลิกส์มีหน้าที่อัดหญ้าเข้าสู่ถังอัด แสดงดังรูปที่ 3.5

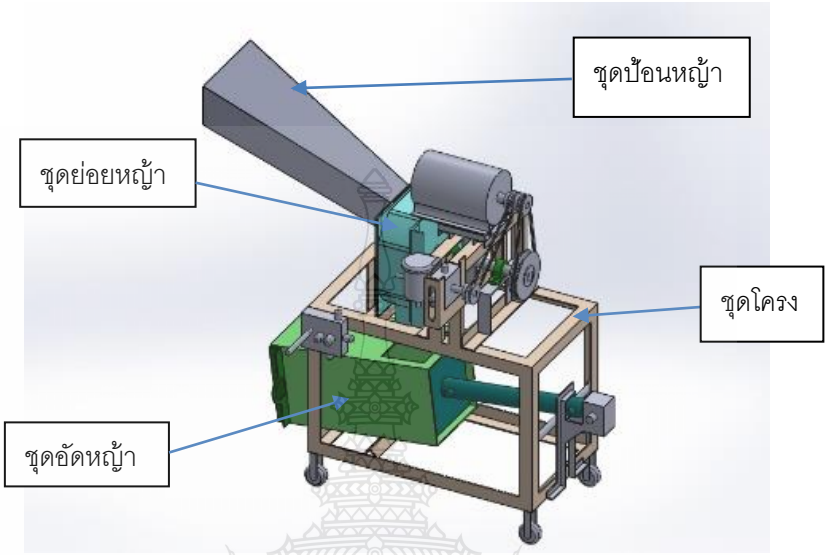
รูปที่ 3.5 กระบอกไฮดรอลิกส์

3.4.6 ชิ้นส่วนชุดใบมีดนำมาติดกับชุดปรับองศาใบมีดและนำมาประกอบกับเหล็กแผ่นหนา 25 มิลลิเมตร ต่อกับเพลาขนาด 33 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ใบมีดทำมุม 15, 30, 40 องศา แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ชิ้นส่วนชุดใบมีด

3.4.7 โครงสร้างและส่วนประกอบชิ้นส่วนหลักของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยประกอบชิ้นส่วนหลักเข้าด้วยกันดังรูปที่ 3.7 มีล้อสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก



รูปที่ 3.7 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

3.5 ค่าชี้ผลการศึกษา

1.ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ในหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง

2.อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง

3.การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการใช้งานเชิงเศรษฐศาสตร์

3.6 ทดสอบและประเมินสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

วิธีการทดสอบ

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยซึ่งปัจจัยที่นำมาพิจารณาได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

3.6.1 การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1) เตรียมหญ้า 50 กิโลกรัม ชั่งหญ้าที่ใช้ในการทดสอบชุดละ 5 กิโลกรัม

2) ทดสอบด้วยความเร็วรอบเริ่มต้น 1,300 รอบต่อนาที ใบมีดมุมคม 40 องศา

3) บันทึกเวลาที่ใช้ในการทำงาน (วินาที)

4) คำนวณผลความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

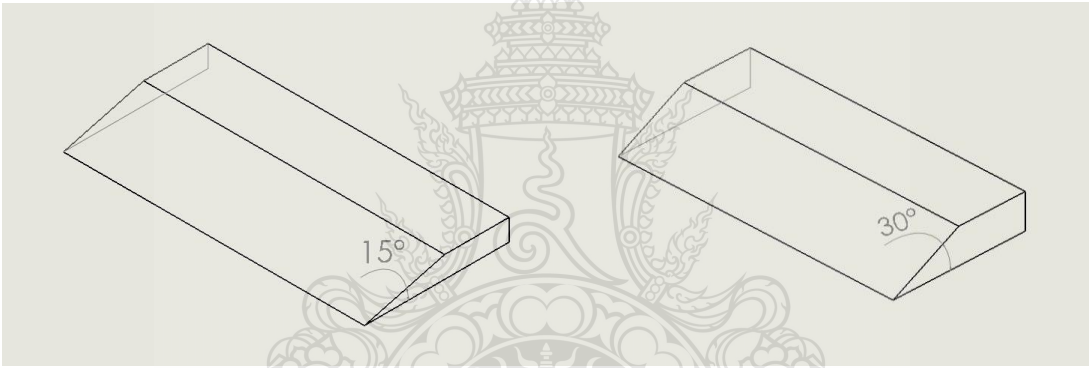
5) บันทึกผลค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ (แอมแปร์)

6) คำนวณผลการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการทำงาน(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

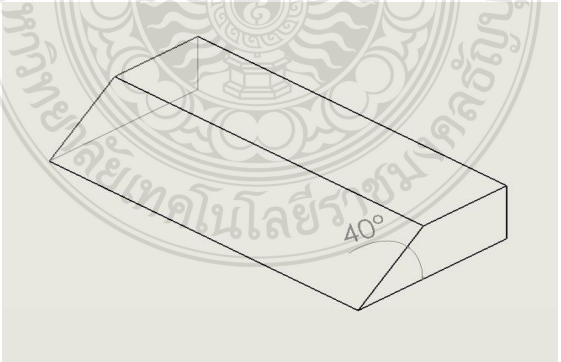
7) ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ

8) เปลี่ยนความเร็วรอบเป็น 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาทีตามลำดับ

9) ทำซ้ำข้อ 1 ถึง 7 โดยเปลี่ยนใบมีดมุมคม 30 และ 15 องศา ตามลำดับ(รูปที่ 3.8)



ก.ใบมีดมุมคม 15 องศา ข.ใบมีดมุมคม 30 องศา



ค.ใบมีดมุมคม 40 องศา

รูปที่ 3.8 มุมคมของใบมีด

3.6.2 ความสามารถในการย่อยและอัด (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

ความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักหญ้าอาหารสัตว์ที่ย่อยและอัดได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อเวลาที่ใช้ในการย่อยและอัดหญ้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.1

$$C_S = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{T}} \tag{3.1}$$

เมื่อ C_S = ความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

W = น้ำหนักหญ้าอาหารสัตว์ (กิโลกรัม)

T = เวลาที่ใช้ทั้งหมด (ชั่วโมง)

3.6.3 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการทดสอบ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2

$$E = \sqrt{3}\,\frac{IVPF}{1000} \tag{3.2}$$

เมื่อ E = อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

I = กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

V = แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลต์)

PF = *Power Factor 0.8*

3.7 ประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงาน จุดคุ้มทุนและวิเคราะห์หาระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

3.7.1 ค่าเสื่อมราคา (Depreciation)

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องจักร พิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างผลต่างของราคาเครื่องจักรและมูลค่าซากของเครื่องจักรและอายุการใช้งานของเครื่องจักร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.3

$$D = \frac{P-S}{L} \quad (3.3)$$

D = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

P = ต้นทุนคงที่ (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

L = อายุการใช้งาน (บาทต่อปี)

3.7.2 ค่าดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน

ค่าดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาสในการลงทุน พิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยของ ผลรวมราคาเครื่องจักรกับมูลค่าซากกับอัตราดอกเบี้ย (ทศนิยม) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.4

$$I = \frac{P+S}{2} \times i \quad (3.4)$$

I = ดอกเบี้ย (บาทต่อปี)

i = อัตราดอกเบี้ย (ทศนิยม)

3.7.3 ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ หาได้จากผลรวมของค่าใช้จ่ายคงที่ และค่าใช้จ่ายผันแปร ซึ่งค่าใช้จ่ายคงที่ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคา ค่าดอกเบี้ย ขณะที่ค่าใช้จ่ายผันแปรประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.5

$$TC\ (Bath/h) = \frac{(FC)}{X} + VC \quad (3.5)$$

เมื่อ TC = ค่าใช้จ่ายรวมของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (บาทต่อชั่วโมง)

FC = ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)

X = ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมงต่อปี)

VC = ต้นทุนแปรผัน (บาทต่อชั่วโมง)

3.7.4 จุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ (Break-even point, BEP) เป็นการคำนวณหาชั่วโมงการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งจุดคุ้มทุนเป็นจุดที่ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์เท่ากับรายได้จากการรับจ้างทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ สามารถคำนวณโดยใช้สมการที่ 3.5

$$BEP = \frac{FC}{(H - VC)} \tag{3.6}$$

เมื่อ BEP = จุดคุ้มทุน (กิโลกรัมต่อปี)

FC = ต้นทุนคงที่ (บาทต่อปี)

H = ค่าเช่าเครื่อง (บาทต่อกิโลกรัม)

VC = ต้นทุนแปรผัน (บาทต่อกิโลกรัม)

3.7.5 ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องจักร (Pay-back period, PBP) เป็นการพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนใช้เครื่องจักรในเชิงเวลาว่าจะได้รับผลตอบแทนคืนจากการลงทุนเทียบเท่ากับจำนวนเงินที่ลงทุนไป หาได้จากอัตราส่วนระหว่าง ราคาของเครื่องจักรต่อกำไรสุทธิเฉลี่ยต่อปี สามารถคำนวณได้โดยสมการที่ 3.6

$$PBP = \frac{AC}{(R - AC)} \tag{3.7}$$

เมื่อ PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

R = รายได้ (บาทต่อปี)

AC = ค่าใช้จ่ายรวม (บาทต่อปี)

บทที่ 4
ผลการการวิเคราะห์ข้อมูล

จากวิธีการดำเนินการวิจัยที่กล่าวมาแล้ว ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน จึงแยกการเสนอผลการวิจัยและวิจารณ์ผลออกเป็น 4 หัวข้อ โดยมีรายละเอียดของผลการวิจัยดังนี้

4.1 ศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักของเกษตรกร

4.2 ออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย

4.3 การทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

4.4 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

4.1 ผลการศึกษาวิธีการทำหญ้าหมัก

ผลการศึกษาวิธีการทำหญ้าหมักของเกษตรกรสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 วิธี ได้แก่ 1.ใช้แรงงานคนในการตัดหญ้าและอัดลงในถุงกระสอบหมักหรือถังหมัก 2.ใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยในการดูดอากาศ 3.การหมักโดยถังหมักทรงสูง 4.การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น(รูปที่4.1-4.4) รายละเอียดการทำหญ้าหมักของเกษตรกรแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 ผลการศึกษาการทำหญ้าหมักของเกษตรกร

วิธีการหมักหญ้า	รายละเอียด	รูปภาพ
1.การหมักหญ้าโดยใช้แรงงานคน	1.นำหญ้ามาย่อยโดยแรงงานคนจนได้ขนาดที่ต้องการ 2.นำหญ้าใส่ถุงกระสอบหมักหรือถังหมักพลาสติก 3.ใช้คนขึ้นไปเหยียบหญ้าหมักในถุงกระสอบหรือถังหมักพลาสติกเพื่ออัดไล่อากาศ	 ก) ย่อยหญ้าด้วยแรงงานคน

วิธีการหมักหญ้า	รายละเอียด	รูปภาพ
	4.เมื่อไล่อากาศออกหมดแล้วมัดปากถุงหรือปิดฝาให้แน่น 5.หมักไว้ 3-4 สัปดาห์	 ข) นำหญ้าที่ย่อยแล้วใส่ภาชนะบรรจุ ค) อัดหญ้าเพื่อไล่อากาศด้วยแรงงานคน ง) ปิดภาชนะให้แน่นสนิทเพื่อป้องกันอากาศเข้า **รูปที่ 4.1** การหมักหญ้าโดยใช้แรงงานคน [12]
2.การหมักหญ้าโดยใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ	1.นำหญ้ามาย่อยโดยเครื่องย่อย 2.นำหญ้าใส่ถุงกระสอบหมัก 3.ใช้เครื่องดูดฝุ่นในการดูดอากาศออก	 ก) ย่อยหญ้าโดยเครื่องย่อย

วิธีการหมักหญ้า	รายละเอียด	รูปภาพ
	4.เมื่อไล่อากาศออกหมดแล้วมัดปากถุงให้แน่น 5.หมักไว้ 3-4 สัปดาห์	 ข) นำหญ้าที่ย่อยแล้วใส่ถุงกระสอบ ค) ใช้เครื่องดูดฝุ่นดูดอากาศออกจากถุงหมัก ง) ขั้นตอนการมัดปากถุงกระสอบให้แน่นเพื่อป้องกันอากาศเข้า **รูปที่ 4.2** การหมักหญ้าโดยใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ [25]
3.การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง	1.ใช้รถตัดหญ้า 2.พ่นหญ้าจากรถตัดลำเลียงขึ้นไปเก็บไว้ในถังหมัก 3.ลักษณะของถังหมักทรงสูงเหมือนถังเก็บน้ำฝนของประเทศไทย ต่างกันที่จะมี	 ก) ใช้รถตัดหญ้าและพ่นใส่ถังหมัก

	ท่อลำเลียงหญ้าเข้าและใบพัดเกลี่ยหญ้าภายในถัง รวมทั้งมีท่อลำเลียงหมักเพื่อนำออกมาใช้งาน มีขนาดบ่อกว้าง 16-30 ฟุต สูงจากพื้นขึ้นไป30-80 ฟุต	 ข) ถังหมักทรงสูงลักษณะคล้ายถังเก็บน้ำฝนของประเทศไทย **รูปที่ 4.3** การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง [26]
4. การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น	1. ย่อยหญ้าโดยเครื่องย่อย 2. นำหญ้าลงบ่อหมัก 3. ลักษณะบ่อหมักจะเป็นพื้นคอนกรีต รวมทั้งผนังทั้ง 2 ด้าน ตั้งบนพื้นหรือขุดเป็นร่องในพื้นดิน ด้านบนเปิดผนังปิด 3 ด้าน ในส่วนผนังอาจเป็นผนังไม้ หรือผนังดิน 4. บ่อหมักแบบนี้เมื่อนำพืชหมักมาบรรจุลงบ่อจะต้องเกลี่ยให้พืชกระจายเป็นแผ่นบาง และใช้รถขึ้นบดอัดแน่นให้แน่นที่สุด เมื่อบดอัดจนได้ที่ก็ใช้พลาสติกดำอย่างหนา ปิดด้านบนทั้งหมดเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำและอากาศซึมเข้าไปในบ่อได้	 ก) ย่อยหญ้าโดยเครื่องย่อย ข) บ่อหมักจะเป็นพื้นคอนกรีต ค) ใช้รถขึ้นบดอัดแน่นให้แน่นที่สุด

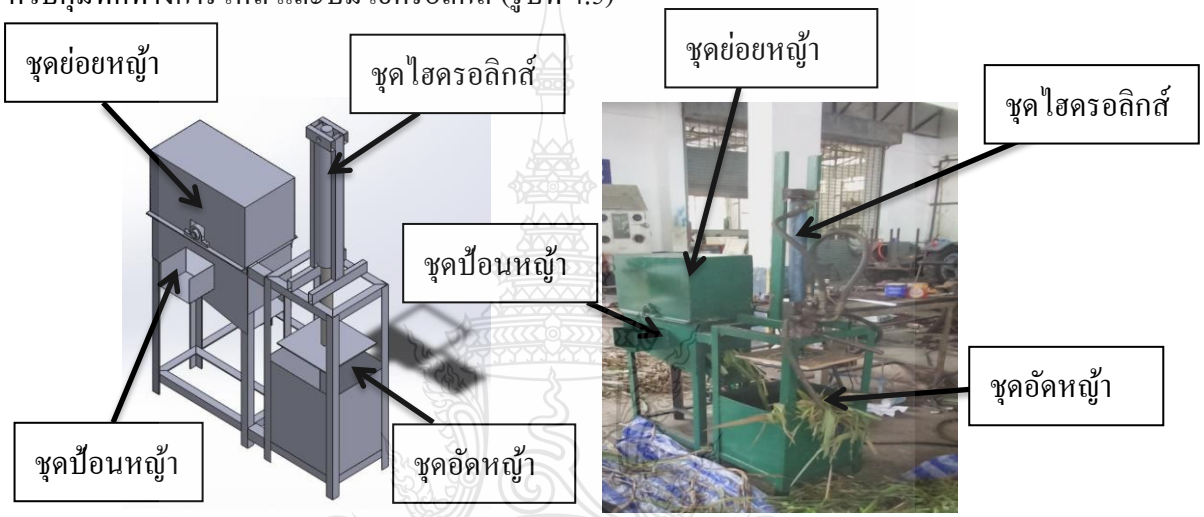
ง) ใช้พลาสติกดำอย่างหนา ปิดด้านบนทั้งหมดเพื่อป้องกันน้ำและอากาศซึมเข้าบ่อ

รูปที่ 4.4 การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น [26]

ผลการศึกษาการทำหญ้าหมักของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรรายย่อย นิยมการหมักหญ้าโดยใช้วิธีการที่ 1 และ 2 เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากใช้งบประมาณในการทำหญ้าหมักต่ำ และไม่ต้องการพื้นที่ในการทำงานมาก เช่นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมแถบจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดลพบุรี และจังหวัดสระบุรี เป็นต้น การหมักหญ้าแบบวิธีการที่ 2 ใช้เครื่องย่อยและเครื่องดูดฝุ่นช่วยดูดอากาศ เป็นการประยุกต์การทำงานให้สะดวกสบายขึ้น เพราะขาดแคลนแรงงานในการตัดย่อยหญ้า จึงนิยมใช้เครื่องย่อยวัสดุทางการเกษตร มาทดแทนแรงงานคน และใช้เครื่องดูดฝุ่นมาช่วยดูดอากาศที่อยู่ในถุงออกเพื่อให้หญ้าคงสภาพอยู่ได้ ไม่เน่าเสีย การหมักหญ้าวิธีการที่ 3 การหมักหญ้าแบบถังหมักทรงสูง นิยมใช้ในอเมริกากลางถึงแถบตะวันออกของประเทศเหมาะกับฝูงโคที่เลี้ยงขนาดไม่ใหญ่มากนัก เพราะราคาในการติดตั้งค่อนข้างแพง บ่อหมักแบบนี้มีการสูญเสียค่อนข้างน้อย และประหยัดแรงงานคน เพราะเป็นการใช้เครื่องจักรเป็นส่วนใหญ่ การหมักหญ้าวิธีที่ 4 การหมักหญ้าแบบบ่อหมักตั้งพื้น นิยมใช้กันทั่วไปเนื่องจากสามารถหมักหญ้าได้ครั้งละมากๆ แต่จำเป็นต้องใช้รถในการบดอัดหญ้าเพื่อให้หญ้าแน่น จึงค่อนข้างใช้งบประมาณที่สูงกว่าวิธีการที่ 1 และ 2 โดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะรวมกลุ่มกันเพื่อใช้การหมักหญ้าแบบวิธีที่ 4 จากการศึกษาข้อมูลข้างต้น พบว่าเกษตรกรรายย่อย ยังมีความต้องการใช้เครื่องจักรเพื่ออำนวยความสะดวกในการทำงาน มากขึ้น จึงดำเนินการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

4.2 ผลการออกแบบต้นแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรรายย่อย

ผลของการศึกษา การออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย สรุปได้ดังนี้ ตัวเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ชุดย่อยหญ้าเนเปียร์และชุดอัดต้นกำลังคือมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าส่งกำลังไปยังชุดใบมีดโดยใช้พูลเลย์และสายพาน ชุดใบมีดย่อยหญ้ามีจำนวน 4 ใบ ทำจากเหล็กฉากธรรมดาลับคม ส่วนชุดอัดหญ้าเป็นถังทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สามารถอัดได้ก้อนหญ้าหมักน้ำหนัก 10 กิโลกรัมต่อหนึ่งก้อน ชุดอัดหญ้าประกอบด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุมทิศทางการไหล และปั๊มไฮดรอลิกส์ (รูปที่ 4.5)

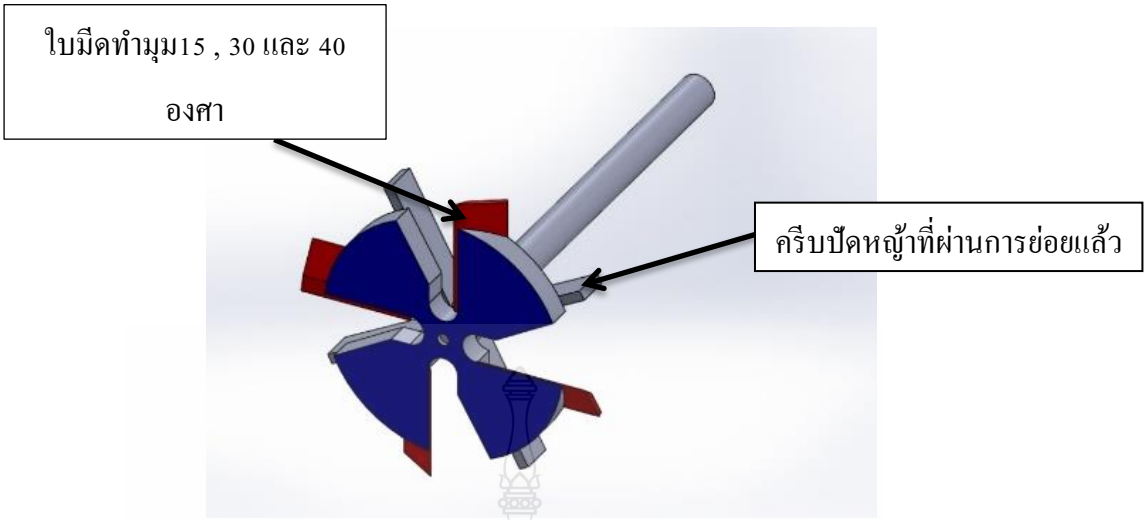


ก. ออกแบบด้วยโปรแกรม Solidworks ข. เครื่องต้นแบบ เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

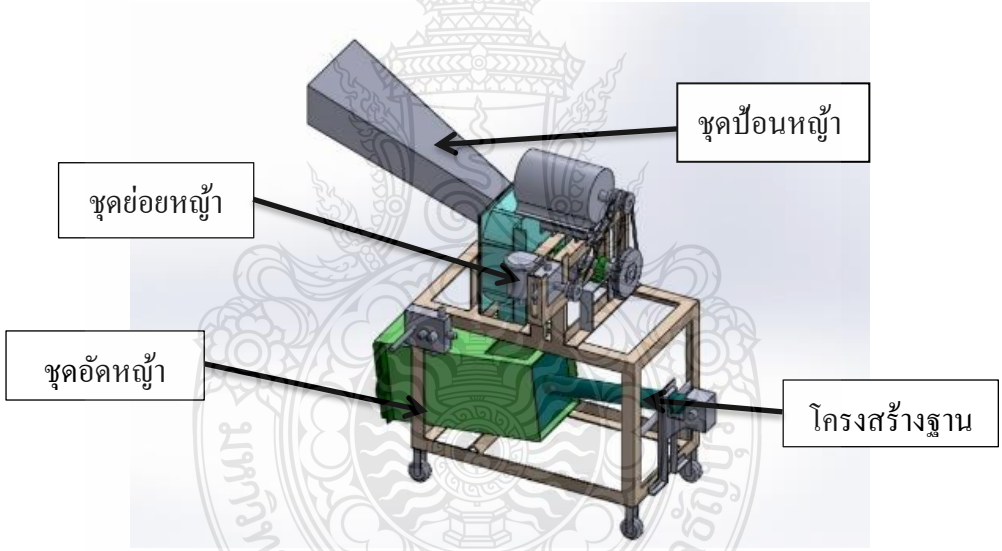
รูปที่ 4.5 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

4.3 ผลการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย

ผลของพัฒนา เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย สรุปได้ดังนี้ ตัวเครื่องแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ชุดย่อยหญ้าเนเปียร์และชุดอัดต้นกำลังคือมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้าส่งกำลังไปยังชุดใบมีดโดยใช้พูลเลย์และสายพาน ชุดใบมีดย่อยหญ้ามีจำนวน 4 ใบ ใบมีดทำจากวัสดุชนิดเหล็กชุบแข็ง HRC 60-61 ส่วนชุดอัดหญ้าเป็นถัง สามารถอัดได้ก้อนหญ้าหมักน้ำหนัก 20 กิโลกรัมต่อหนึ่งก้อน ชุดอัดหญ้าประกอบด้วยกระบอกไฮดรอลิกส์ วาล์วควบคุมทิศทางการไหลและปั๊มไฮดรอลิกส์ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.6 แบบชุดใบมีด



รูปที่ 4.7 การเขียนแบบทางวิศวกรรมเครื่องย่อยและอัดหญ้า

หลักการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ นำหญ้าเนเปียร์ใส่ในชุดป้อนหญ้า หญ้าจะถูกชุดย่อยออกมาเป็นชิ้นและจะถูกปัดด้วยครีบปัดหญ้าที่ย่อยแล้วลงสู่ถังอัด อัดหญ้าจนเต็มถัง นำหญ้าที่อัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากออกจากชุดอัดหญ้า มัดปากถุงให้แน่นเพื่อป้องกันอากาศเข้าและนำหญ้าไปหมักไว้ 3-4 สัปดาห์ หญ้าจะกลายเป็นหญ้าหมักนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ตารางที่ 4.2 รายละเอียดส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ปรับปรุง

รายการ	รายละเอียด (มิลลิเมตร)
1. ขนาดเครื่องที่ประกอบสมบูรณ์ กว้างxยาวxสูง	675x1080.4x1138
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชุดประกอบใบมีด	260
3. ขนาดช่องป้อนหญ้า (ฐานxสูง)	120x120
4. ขนาดชุดย่อยหญ้า (กว้างxยาวxสูง)	400x570x185
5. ชุดถังอัด (กว้างxยาวxสูง)	310x800x310
6. กล่องอัดหญ้า (กว้างxสูงxยาว)	300x300x300
7. ระยะชักของกระบอกอัดยาว	500
8. น้ำหนักหญ้าที่อัดก้อน (กิโลกรัม)	20

4.4 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ดำเนินการที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการทำงานที่ดีที่สุด โดยทำการทดสอบย่อยและอัดหญ้าครั้งละ 5 กิโลกรัม ที่ความเร็วรอบ 1,300, 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ทำการทดสอบความเร็วรอบละ 3 ครั้ง เพื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติและใช้ใบมีดสำหรับย่อยหญ้ามุมคม 15, 30 และ40 องศา ตามลำดับ พร้อมทั้งบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการทดสอบเพื่อคำนวณหาความสามารถในการทำงานและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อบันทึกผล ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.3-4.4 และ 4.8-4.9

ผลการทดสอบพบว่าความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ดีที่สุดในการทำงานได้แก่ 1,500 รอบต่อนาที ที่มุมคมใบมีด 40 องศา โดยมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 229.4±10.95 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53±0.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ขนาดของหญ้าเนเปียร์มีความเหมาะสมสำหรับสัตว์บริโภค

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

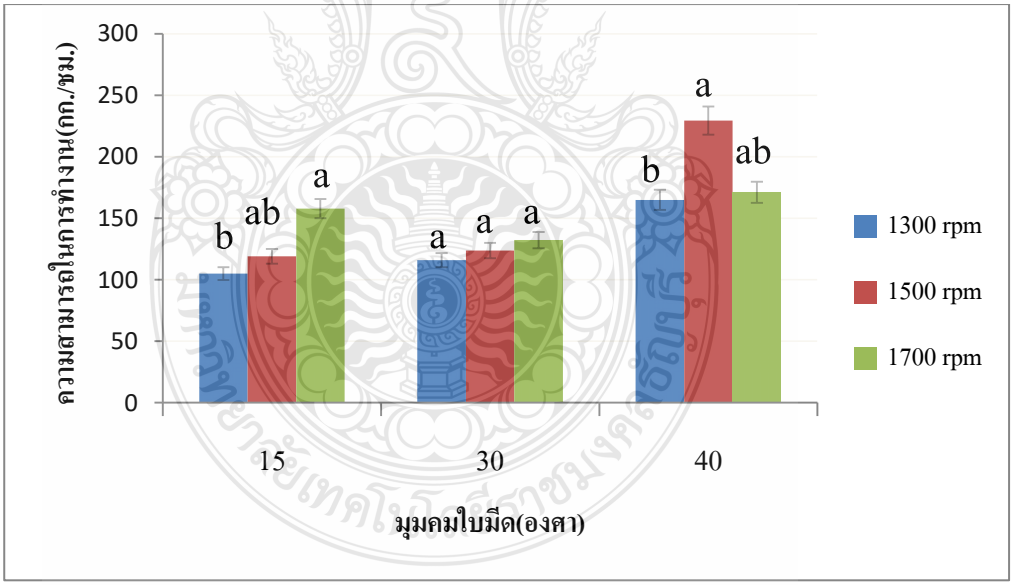
มุมคมใบมีด (องศา)	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	สมรรถนะการทำงานเฉลี่ยของเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
15	1,300	104.9±14.31
	1,500	119±24.54
	1,700	157.8±20.57
30	1,300	115.9±16.19
	1,500	123.7±7
	1,700	132.2±24.95
40	1,300	164.9±20.27
	1,500	229.4±10.95
	1,700	171.1±28.79

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

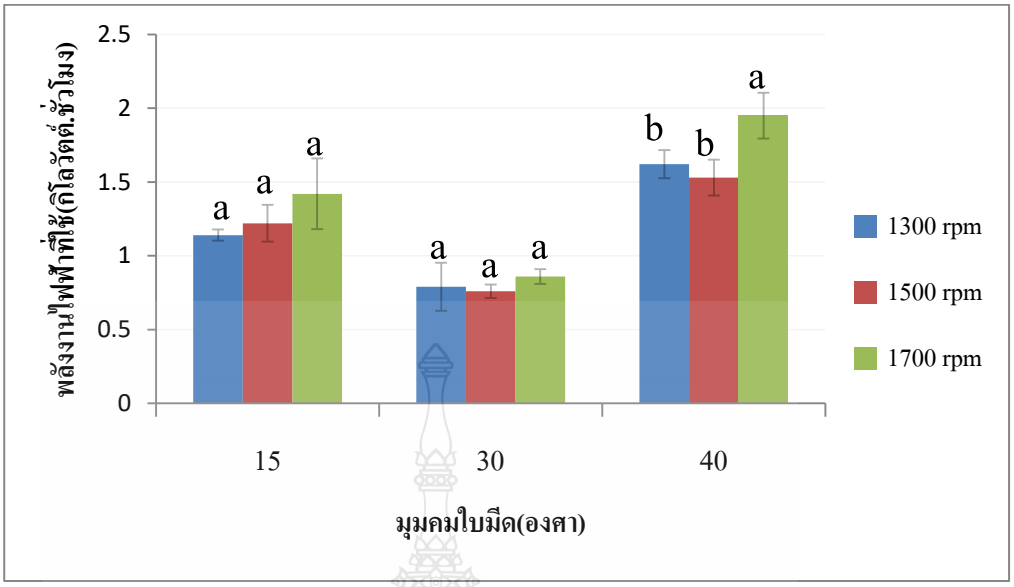
มุมคมใบมีด (องศา)	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์.ชั่วโมง)
15	1,300	1.14±0.03
	1,500	1.22±0.10
	1,700	1.42±0.20
30	1,300	0.70±0.04
	1,500	0.76±0.05
	1,700	0.86±0.05
40	1,300	1.52±0.08
	1,500	1.53±0.10
	1,700	1.95±0.13

ก) ใบมีดมุมคม 15 องศา ข) ใบมีดมุมคม 30 องศา ค) ใบมีดมุมคม 40 องศา

รูปที่ 4.8 ลักษณะของหญ้าที่ถูกสับย่อยที่มุมองศาของใบมีด 15, 30 และ 40 องศา



ก) ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่มุมคมใบมีด 15, 30 และ 40 องศา



ข) พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่มุมคมใบมีด 15, 30 และ 40 องศา

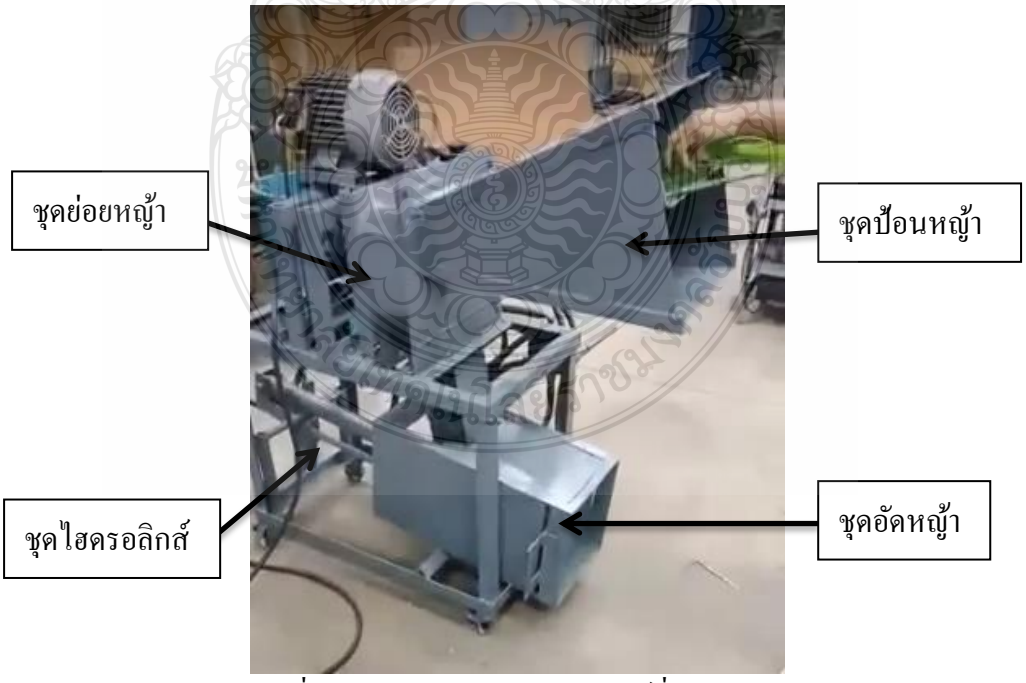
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

รูปที่ 4.9 ก. จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบที่องศาใบมีด 15 และ 40 องศา แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบที่องศาใบมีด 30 องศา จากการทดสอบพบว่า ความสามารถในการทำงานที่น้อยที่สุด คือ 104.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่มุมคมใบมีด 15 องศา ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที และส่วนความสามารถในการทำงานที่ดีที่สุด คือ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่มุมคมใบมีด 40 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งนำไปใช้ในการวิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมต่อไป

รูปที่ 4.9 ข. จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบที่มุมคมใบมีด 40 องศา แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการทดสอบที่องศาใบมีด 15 และ 30 องศา จากผลการทดสอบพบว่า อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่องศาใบมีด 40 องศา ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที จะมีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม รูปที่ 4.10 แสดงรายละเอียดเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบและเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนา

ก) เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบ

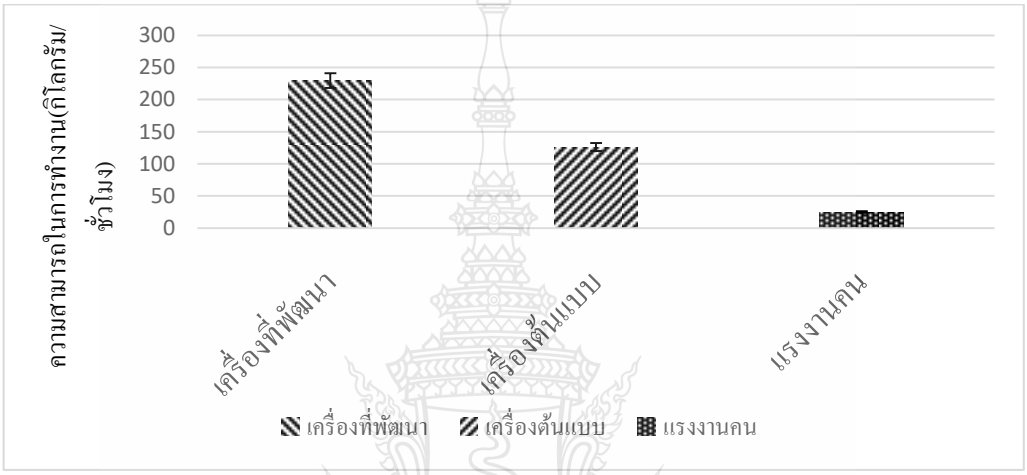


ข) เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนา

รูปที่ 4.10 เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

4.5 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานและการสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องที่พัฒนากับเครื่องต้นแบบ

ทำการทดสอบเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานระหว่างเครื่องเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบ และความสามารถในการทำงานโดยใช้แรงงานคน โดยทำการเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า ผลการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 4.11-4.12



รูปที่ 4.11 เปรียบเทียบความสามารถในการทำงานระหว่างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบและแรงงานคน

รูปที่ 4.12 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานระหว่างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนา และเครื่องย่อยและอัดหญ้าต้นแบบ

ผลการทดสอบเปรียบระหว่างอัตราการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องที่พัฒนาเทียบกับเครื่องต้นแบบในหน่วยกิโลกรัมต่อชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าอัตราการทำงานเพิ่มขึ้นเท่ากับ 82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรสามารถทำงานได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ต้นแบบ ในขณะที่เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนามีความสามารถในการทำงานมากกว่าแรงงานคนประมาณ 9 เท่า ผลการศึกษาเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องที่พัฒนาเทียบกับเครื่องต้นแบบพบว่าอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานลดลงเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้เกษตรกรมีรายจ่ายในการผลิตอาหารสัตว์ลดลงเมื่อเทียบกับเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบ

รูปที่ 4.13 คุณภาพขนาดหญ้าที่ย่อยโดยเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนา

4.6 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1.53 kw-h สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและจุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย ได้ดังนี้

4.6.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ค่าใช้จ่ายในการทำงานคำนวณได้จาก ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และ ต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed cost)

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

ราคาของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย จากตารางที่ 4.5 เท่ากับ 25,000 บาท ให้มูลค่าซากของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย เมื่อสิ้นปีที่ 5 มีมูลค่าคงเหลือ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาต้นทุนเครื่อง ชั่วโมงการทำงานพิจารณาที่ 600 ชม/ปี หรือ 100 วัน/ปี

ดังนั้น ราคาซาก (S) = (10/100)(2,500) = 2,500 บาท

ค่าเสื่อมราคา (DP) = (P-S)/L = (25,000-2,500) / 5 = 4,500 บาท

ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส (Interest on investment) คิดค่าเสียโอกาส (I) = ((P+S)/2)(I/100) โดยที่ I คืออัตราดอกเบี้ยต่อปี(เปอร์เซ็นต์)กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปีเท่ากับ 10%

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = ((25,000+2,500)/2)(10/100) = 1,375 บาทต่อปี

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed cost) = 4,500+1,375 = 5,875 บาทต่อปีหรือคิดเป็น 9.79 บาทต่อชั่วโมง

2) ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

1. ค่าบำรุงรักษา (Repair and maintenance) คิดเฉลี่ยประมาณวันละ 50 บาท ทำงาน 100 วัน ค่าบำรุงรักษา = 50 x 100 = 5,000 บาทต่อปี = 5,000/600 = 8.33 บาท/ชั่วโมง

2. ค่าพลังงาน จากการทดลองการสิ้นเปลืองค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 kw-h ค่าไฟฟ้าบหน่วยละ 7 บาท หรือคิดเป็นราคา 11 บาทต่อชั่วโมงเท่ากับ 6,600 บาทต่อปี

3. ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท จำนวน 1 คน ทำงาน 100 วัน คิดเป็นค่าจ้างแรงงาน = (300) (100) (1) = 30,000 บาทต่อปี = 30,000/600 = 50 บาท/ชั่วโมง

รวมต้นทุนผันแปร 5,000 +6,600+30,000 = 41,600 บาทต่อปี หรือเท่ากับ 69.33 บาทต่อชั่วโมง

พิจารณา ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ เท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ดังนั้น ต้นทุนการทำงานเครื่องเท่ากับ 80/229.4= 0.35 บาทต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ โดยมีค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องเท่ากับ 25,000 บาท และมีต้นทุนในการทำงานของเครื่องเท่ากับ 0.35 บาทต่อกิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ กิโลกรัมละ 1 บาท ดังนั้นการใช้เครื่องจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดการคำนวณแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย

รายการ	จำนวนเงิน
1.ค่ามอเตอร์	6,000
2.ค่าระบบไฮดรอลิกส์	8,000
3.ค่าวัสดุ	
-เหล็กฉาก	1,100
-เหล็กแผ่น	1,330
-เหล็กเพลา	800
-เหล็กกล่อง	500
-พูลเลย์	570
-สายพาน	200
-อื่นๆ เช่น สี น๊อต	500
4.ค่าแรง	6,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่อง	25,000

4.6.2 การใช้งานที่จุดคุ้มทุน

การใช้งานที่จุดคุ้มทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ คำนวณโดยใช้สมการที่ 3. โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายผันแปร และ อัตราการรับจ้าง สามารถคำนวณได้ดังนี้ การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายผันแปรในการทำงาน) ค่าใช้จ่ายคงที่= 5875 บาทต่อปี อัตราค่ารับจ้างในการย่อยและอัดหญ้าคิดเป็น 100 บาทต่อชั่วโมง

ดังนั้นการใช้งานที่จุดคุ้มทุน = 5,875/ (100 – 70) = 196 ชั่วโมงต่อปี

4.6.3 ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

รายละเอียดของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ ระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ย ผลประโยชน์ที่ได้รับคิดจากอัตราจ้างในการอัดหญ้า เท่ากับ 100 บาทต่อชั่วโมง ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม ระยะเวลาคืนทุน คือ ผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับผลประโยชน์สุทธิ

ชั่วโมงการทำงาน	600	ชั่วโมงต่อปี		
ดอกเบี้ย	1,375	บาทต่อปี		
ต้นทุนแปรผัน	70	บาทต่อชั่วโมง	(70x600 = 42,000 บาทต่อปี)	
ต้นทุนรวม	42,000+1,375	=	43,375	บาทต่อปี
ผลประโยชน์ได้รับ	100 x 600	=	60,000	บาทต่อปี
ผลประโยชน์สุทธิ	60,000 – 43,375	=	16,625	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน	(25,000/ 16,625)	=	1.5	ปี

ดังนั้นการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่ 600 ชั่วโมงต่อปี จะมีระยะเวลาคืนทุนของเครื่องจักรเท่ากับ 1.5 ปี เกษตรกรมีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนซื้อเครื่องอัดและย่อยหญ้าอาหารสัตว์ไว้ใช้งาน

ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

รายการ	หน่วย	จำนวน
1. ราคาเครื่องจักร	บาท	25,000
2. อายุการใช้งาน	ปี	5
3. ชั่วโมงการทำงานต่อปี	ชั่วโมง/ปี	600
4. อัตราดอกเบี้ย	เปอร์เซ็นต์	10
5. มูลค่าซาก	บาท/ปี	2,500
6. ค่าเสื่อมราคา	บาท/ปี	4,500
7. ค่าดอกเบี้ย	บาท/ปี	1,375
8. ต้นทุนคงที่ (6+7)	บาท/ปี	5,875
9. ต้นทุนคงที่	บาท/ชั่วโมง	10
10. ค่าแรงงาน	บาท/ชั่วโมง	50
11. ค่าไฟฟ้า	บาท/ชั่วโมง	11
12. ค่าบำรุงรักษา	บาท/ชั่วโมง	9
13. รวมค่าใช้จ่ายผันแปร	บาท/ชั่วโมง	70
14. รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	บาท/ชั่วโมง	80
15. ความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์	กิโลกรัม/ชั่วโมง	229.4
16. รวมต้นทุนในการทำงานของเครื่อง (14/15)	บาท/กิโลกรัม	0.35
17. จุดคุ้มทุน	ชั่วโมง/ปี	196
18. ระยะเวลาคืนทุน	ปี	1.47

จากตารางที่ 4.6 พบว่าต้นทุนในการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.35 บาทต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายในการทำงาน 80 บาทต่อชั่วโมง แต่ถ้าใช้แรงงานคนในการทำงาน จะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 200 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหาร

สัตว์สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะทำให้เกษตรกรรายย่อยผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทย สามารถประหยัดต้นทุนสำหรับค่าอาหารสัตว์ได้ ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถดำรงชีพอยู่ได้ และมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ในขณะที่หญ้าหมักที่ผลิตได้ มีคุณภาพที่ดี เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของโคนมในประเทศไทย ทำให้นมที่ผลิตได้มีคุณภาพที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้การใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ยังช่อยลดพื้นที่ในการจัดเก็บหญ้าอาหารสัตว์ ทำให้เกษตรกรสามารถเพิ่มจำนวนการเลี้ยงโคได้ในพื้นที่จำกัด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ขั้นตอนการทำหญ้าหมักในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิท ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ โครงสร้างของเครื่อง ชุดอัดหญ้า ชุดใบมีดสับย่อย ชุดกระบอกไฮดรอลิกส์ และระบบส่งกำลัง โดยมีค่าชี้ผลในการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า มุมองศาใบมีดที่ศึกษาได้แก่ 15, 30 และ 40 องศา ตามลำดับ จำนวนใบมีดของชุดสับย่อย ที่ศึกษาจำนวน 4 ใบมีด ความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ที่ทำการทดสอบได้แก่ 1,300 , 1,500 และ 1,700 รอบต่อนาที ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่า มุมองศาใบมีดที่ 40 องศา ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1,500 รอบต่อนาที มีความเหมาะสมในการการทำงานมากที่สุด โดยมีผลการทดสอบดังนี้ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 229.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 1.53 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง จุดคุ้มทุนในการทำงาน และระยะเวลาในการคืนทุน ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่อง เท่ากับ 0.35 บาทต่อกิโลกรัม จุดคุ้มทุนในการทำงานเท่ากับ 195 ชั่วโมงต่อปี และเมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องที่ 600 ชั่วโมงต่อปีจะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 1.5 ปี ซึ่งการใช้เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น ซึ่งจะสามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะในการใช้เครื่อง

1. ชั่งหญ้าที่ 20 กิโลกรัมต่อการทำงาน 1 บล็อกอัดจะทำให้การทำงานรวดเร็ว

2. เตรียมถุงและถังอัดให้เพียงพอเพื่อให้การย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์เป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3. ไม่ควรอัดหญ้าลงในช่องป้อนมากจนเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการอุดตันของหญ้าขณะทำการสับย่อยได้

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรปรับปรุงชุดป้อนหญ้าให้มีมุมองศามากขึ้นและมีชุดโรเลอร์สำหรับดึงหญ้าเพื่อง่ายต่อการป้อนหญ้า

2. ควรปรับปรุงปล่องหญ้าออกจากเครื่องย่อยให้มีความกว้างเพิ่มขึ้นเพื่อให้หญ้าไม่อุดตันขณะเคลื่อนที่ไปยังถังอัด

3. ควรเพิ่มขนาดถังน้ำมันไฮดรอลิกส์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อไม่ให้น้ำมันไฮดรอลิกส์มีอุณหภูมิสูงมากเกินไปขณะทำการย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

บรรณานุกรม

[1] กลุ่มสารสนเทศและข้อมูลสถิติศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมปศุสัตว์. **สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนเกษตรกร-โคนม**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://ict.dld.go.th/th2/images/stories/stat_web/yearly/2557/book2557/03.pdf

[2] สันธาร นาควัฒนานุกูล, ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ, วิชัย โอภานุกุล และจารุวัฒน์ มงคล ธนทรรศ.2552. **วิจัยและพัฒนาเครื่องอัดฟางข้าว**

[3] **การเลี้ยงวัวนม:หญ้าแห้งและการทำหญ้าแห้ง – เคล็ดลับการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.เลี้ยงสัตว์.com/การเลี้ยงวัวนมหญ้าแห้ง

[4] วิโรจน์ ภัทรจินดา. **โคนม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2546

[5] **ประวัติการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย**. 2552. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.farmthaionline.com/Article.aspx?Article17 [10 ตุลาคม 2558]

[6] รักบ้านเกิด. **พันธุ์โคนม.** 2556. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=3383&s=tblanimal [10 มกราคม 2560]

[7] **พืชอาหารสัตว์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.rdpb.go.th [10 ตุลาคม 2558]

[8] **หญ้าเนเปียร์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/3854/5/ch2.pdf [10 ตุลาคม 2558]

[9] พืชเกษตร. **หญ้าเนเปียร์/หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ประโยชน์ และการปลูกหญ้าเนเปียร์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://puechkaset.com/ [10 มกราคม 2560]

[10] เทพณรงค์ นพกรวิเศษ, วิศรา ไชยสาลีและ นิธิกานต์ อินทร. 2550. **เทคโนโลยีชีวภาพกับโคนมไทย.**พิมพ์ครั้งที่ 1

[11] ฉลอง วชิราภากร. 2532. **แนวทางการแก้ปัญหาราคาโปรตีนสูงในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง.** สาส์นเยื่อใย

บรรณานุกรม (ต่อ)

[12] **การเก็บถนอมพืชอาหารสัตว์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.natres.psu.ac.th/department/plantscience/510-443vc/lab/LAB10.pdf [10 ตุลาคม 2558]

[13] **ระบบไฮดรอลิกส์** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://library.tru.ac.th/images/academic/book/b65840/13chap7.pdf [10 ตุลาคม 2558]

[14] ณพล เหลืองพิพัฒน์สรและ วุฒิชัย สุขเกษม. 2558. **การออกแบบและสร้างเครื่องโยนกล้าข้าวแบบพ่วงท้ายรถไถเดินตาม.**(วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี)[6 เมษายน 2560]

[15] **กระบอกไฮดรอลิก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.ไฮดรอลิก.net/hydraulic-ไฮดรอลิก/กระบอกไฮดรอลิก [6 เมษายน 2560]

[16] อนุชา แก้วหลวง,ดุสติ ทองเปรมจิตต์. 2555**. โครงการออกแบบและพัฒนาเครื่องย่อยใบไม้.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาภาคพายัพเชียงใหม่.

[17] ณัฐวุฒิ หัสรังค์,ประยุทธ ป้องหมู่และ สุรศักดิ์ เสน่ห์. 2548. **การพัฒนาเครื่องย่อยทางสละ.** โปรแกรมวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม (การจัดการอุตสาหกรรม)

[18] สมพงษ์ สุขอู๊ด. **การพัฒนาเครื่องย่อยอเนกประสงค์ขนาดเล็ก.** สาขาวิชา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ;วท.ม. (เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น)

[19] โกศล มูสโกภาศ. 2556. **การพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวแห้งเพื่อใช้ในการเพาะชำต้นกล้า.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

[20] ปรุฬห์ มะยะเฉี่ยว. 2557. **การสร้างเครื่องย่อยต้นสาคู.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

[21] สมศักดิ์ พินิจด่านกลาง. 2551. **การพัฒนาเครื่องอัดขึ้เลื่อยกึ่งอัตโนมัติสำหรับการเพาะเห็ด.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

บรรณานุกรม (ต่อ)

[22] ณัฐพล ศิริรักษ์. 2556. **การออกแบบและสร้างเครื่องอัดฟางข้าวแบบก้อน.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงราย.

[23] ณัฐพงษ์ พวงบุบผา, ทรงพล ทรัพย์จันทร์, รัฐพงศ์ มะลิวัลย์และ สมถิ่น จันทนา. **การวิจัยและพัฒนาเครื่องย่อยวัชพืชและกิ่งไม้.**

[24] สราวุธ สงลอยลิบ, เจนณรงค์ ชูสังและ วีระพงษ์ บัวทอง. 2553. **เครื่องอัดหญ้าหมักอาหารสัตว์.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีสงขลา.

[25] Che Chef. **วิธีทำหญ้าหมักเนเปีย โดยใช้เครื่องดูดฝุ่นช่วย คิดค้นโดยพี่สุธี silage Thailand**. [ออนไลน์]. 2560 ;เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=mzktlN2EhdY&t=566s, (9 มีนาคม 2560)

[26] สำนักพัฒนาอาหารสัตว์. **การผลิตข้าวโพดหมักของสหกรณ์โคนมการเกษตรไชยปราการ.** [ออนไลน์]. 2560 ;เข้าถึงได้จาก : http://nutrition.dld.go.th/nutrition/index.php/2015-08-06-09-02-11/222-2017-04-20-03-10-11/648-2017-02-02-04-18-04, (9 มีนาคม 2560)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รูปการทดสอบและตารางบันทึกผลการทดลอง

รูปการทดสอบ

รูปที่ ก.1 ชั่งน้ำหนักเพื่อใช้ในการทดสอบ

รูปที่ ก.2 หญ้าเนเปียร์ที่ใช้ในการทดสอบ

รูปที่ ก.3 หญ้าเนเปียร์ที่ถูกย่อยด้วยชุดใบมีดที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ ก.4 หญ้าที่ถูกใบมีดสับ

รูปที่ ก.5 การทำงานของเครื่องอัดหญ้า

รูปที่ ก.6 เครื่องที่สมบูรณ์

รูปที่ ก.7 หญ้าที่ถูกย่อยและอัดเรียบร้อย

รูปที่ ก.8 บรรจุก้อนโดยไม่ให้อากาศเข้า

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่อง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องโดยใช้ใบมีด 15 องศา

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ครั้งที่	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลา (วินาที)	สมรรถนะการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
1,300	5	1	2.57	210	85.7	1.12
1,300	5	2	2.24	150	120	1.18
1,300	5	3	2.11	165	109.1	1.11
		ค่าเฉลี่ย			104.9±14.31	1.14± 0.03
1,500	5	1	2.14	120	150	1.13
1,500	5	2	2.58	200	90	1.36
1,500	5	3	2.21	154	116.9	1.16
		ค่าเฉลี่ย			119±24.54	1.22±0.10
1,700	5	1	2.30	97	185.6	1.21
1,700	5	2	2.59	133	137.4	1.36
1,700	5	3	3.20	121	148.8	1.68
		ค่าเฉลี่ย			157.8±20.57	1.42±0.20

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องโดยใช้ใบมีด 30 องศา

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ครั้งที่	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลา (วินาที)	สมรรถนะการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
1,300	5	1	1.34	133	135.3	0.70
1,300	5	2	1.26	188	95.7	0.66
1,300	5	3	1.39	154	116.9	0.73
		ค่าเฉลี่ย			115.9±16.19	0.70±0.04
1,500	5	1	1.36	135	133.3	0.72
1,500	5	2	1.45	154	116.9	0.76
1,500	5	3	1.54	149	120.8	0.81
		ค่าเฉลี่ย			123.7±7	0.76±0.05
1,700	5	1	1.60	172	104.7	0.84
1,700	5	2	1.74	109	165.1	0.92
1,700	5	3	1.57	142	126.8	0.83
		ค่าเฉลี่ย			132.2±24.95	0.86±0.05

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องโดยใช้ใบมีด 40 องศา

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ครั้งที่	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	เวลา (วินาที)	สมรรถนะการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	การสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
1,300	5	1	2.97	132	136.4	1.56
1,300	5	2	2.99	102	176.5	1.57
1,300	5	3	2.71	99	181.8	1.43
		ค่าเฉลี่ย			164.9±20.27	1.52±0.08
1,500	5	1	2.80	75	240	1.47
1,500	5	2	2.75	84	214.3	1.45
1,500	5	3	3.17	77	233.8	1.67
		ค่าเฉลี่ย			229.4±10.95	1.53±0.10
1,700	5	1	3.98	81	222.2	2.10
1,700	5	2	3.40	117	153.8	1.79
1,700	5	3	3.73	104	173.1	1.96
		ค่าเฉลี่ย			171.1±28.79	1.95±0.13

ภาคผนวก ข
การคำนวณความสามารถในการทำงานและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณหาความสามารถในการทำงานและอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

1. ใบมีด 15 องศา

-ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{210} = 85.7$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.57\times0.8}{1000} = 1.12$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{150} = 120$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.24\times0.8}{1000} = 1.18$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{165} = 109.1$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.11\times0.8}{1000} = 1.11$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{85.7+120+109.1}{3} = 104.9$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{1.12+1.18+1.11}{3} = 1.14$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{120} = 150$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.14\times0.8}{1000} = 1.13$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{200} = 90$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.58\times0.8}{1000} = 1.36$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{154}$ = 116.9 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.21\times0.8}{1000}$ = 1.16 กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{150+90+116.9}{3}$ = 119 กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{1.13+1.36+1.16}{3}$ = 1.22 กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{97}$ = 185.6 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.30\times0.8}{1000}$ = 1.21 กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{131}$ = 137.4 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.59\times0.8}{1000}$ = 1.36 กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{121}$ = 148.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times3.20\times0.8}{1000}$ = 1.68 กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{185.6+137.4+148.8}{3}$ = 157.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{1.21+1.36+1.68}{3}$ = 1.42 กิโลวัตต์ชั่วโมง

2. ใบมีด 30 องศา

-ความเร็วรอบ 1300 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{133}$ = 135.3 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.34\times0.8}{1000} = 0.70$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{188} = 95.7$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.26\times0.8}{1000} = 0.66$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{154} = 116.9$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.39\times0.8}{1000} = 0.73$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{135.3+95.7+116.9}{3} = 115.9$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{0.70+0.66+0.73}{3} = 0.70$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{135} = 133.3$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.36\times0.8}{1000} = 0.72$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{154} = 116.9$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.45\times0.8}{1000} = 0.76$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{149} = 120.8$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.54\times0.8}{1000} = 0.81$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{133.3+116.9+120.8}{146} = 123.7$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{0.72+0.76+0.71}{3} = 0.76$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{172} = 104.7$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.60\times0.8}{1000} = 0.84$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{109} = 165.1$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.74\times0.8}{1000} = 0.92$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{142} = 126.8$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times1.57\times0.8}{1000} = 0.83$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{104.7+165.1+126.8}{3} = 132.2$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{0.84+0.92+0.83}{3} = 0.86$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3. ใบมีด 40 องศา

-ความเร็วรอบ 1,300 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{132} = 136.4$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.97\times0.8}{1000} = 1.56$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{102} = 176.5$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.99\times0.8}{1000} = 1.57$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{99} = 181.8$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.71\times0.8}{1000} = 1.43$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{136.4+176.5+181.8}{3} = 164.9$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{1.56+1.57+1.43}{3} = 1.52$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{75} = 240$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.80\times0.8}{1000} = 1.47$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{84} = 214.3$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times2.75\times0.8}{1000} = 1.45$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{77} = 233.8$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times3.17\times0.8}{1000} = 1.67$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{240+214.3+233.8}{3} = 229.4$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{1.47+1.45+1.67}{3} = 1.53$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

-ความเร็วรอบ 1,700 รอบต่อนาที

1) $\frac{5\times60\times60}{81} = 222.2$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times3.98\times0.8}{1000} = 2.10$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

2) $\frac{5\times60\times60}{117} = 153.8$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

$\frac{1.732\times380\times3.40\times0.8}{1000} = 1.79$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

3) $\frac{5\times60\times60}{104} = 173.1$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง

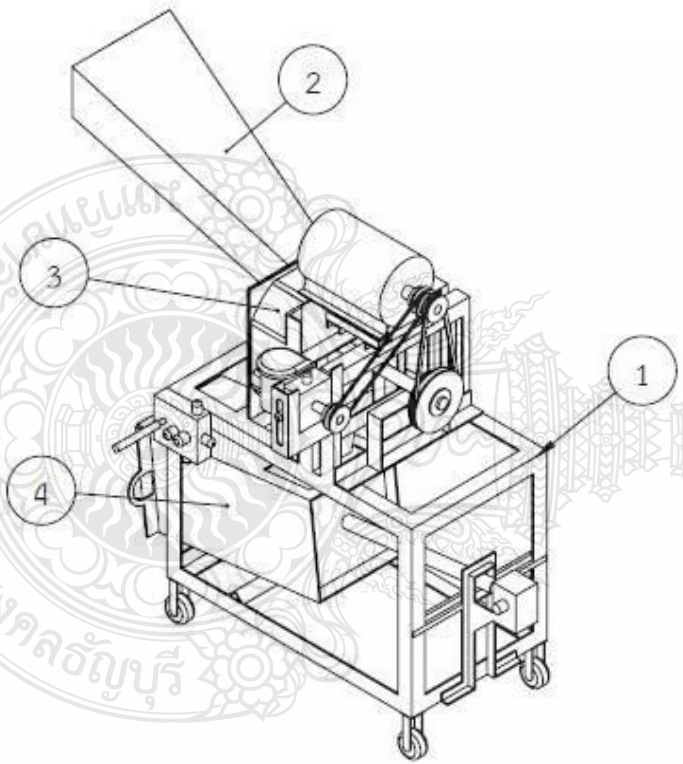
$\frac{1.732\times380\times3.73\times0.8}{1000} = 1.96$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

4) $\frac{222.2+153.8+173.1}{3} = 183$ กิโลกรัมต่อชั่วโมง *ค่าเฉลี่ย

$\frac{2.10+1.79+1.96}{3} = 1.95$ กิโลวัตต์ชั่วโมง

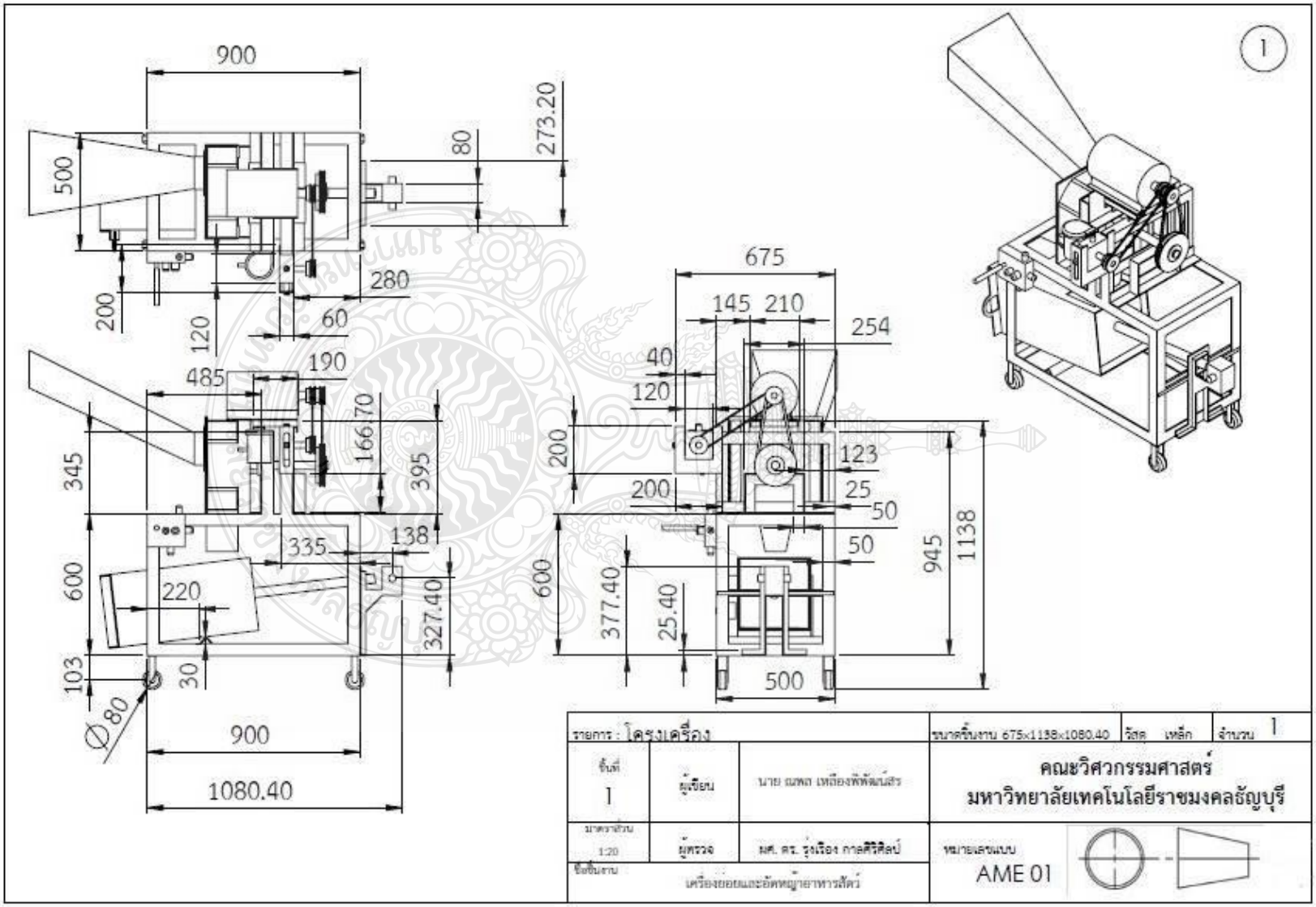
ภาคผนวก ค

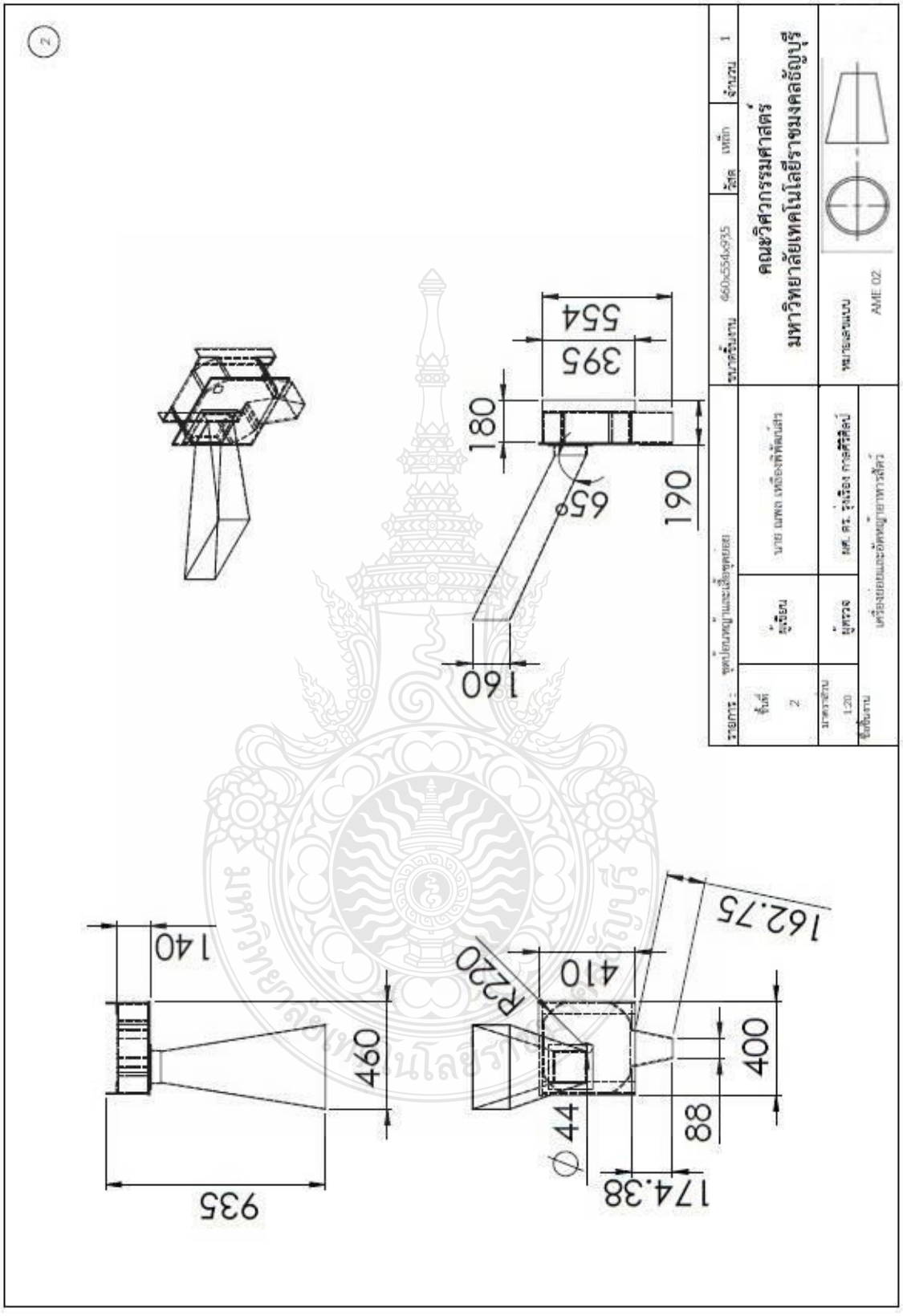
การเขียนแบบทางวิศวกรรม

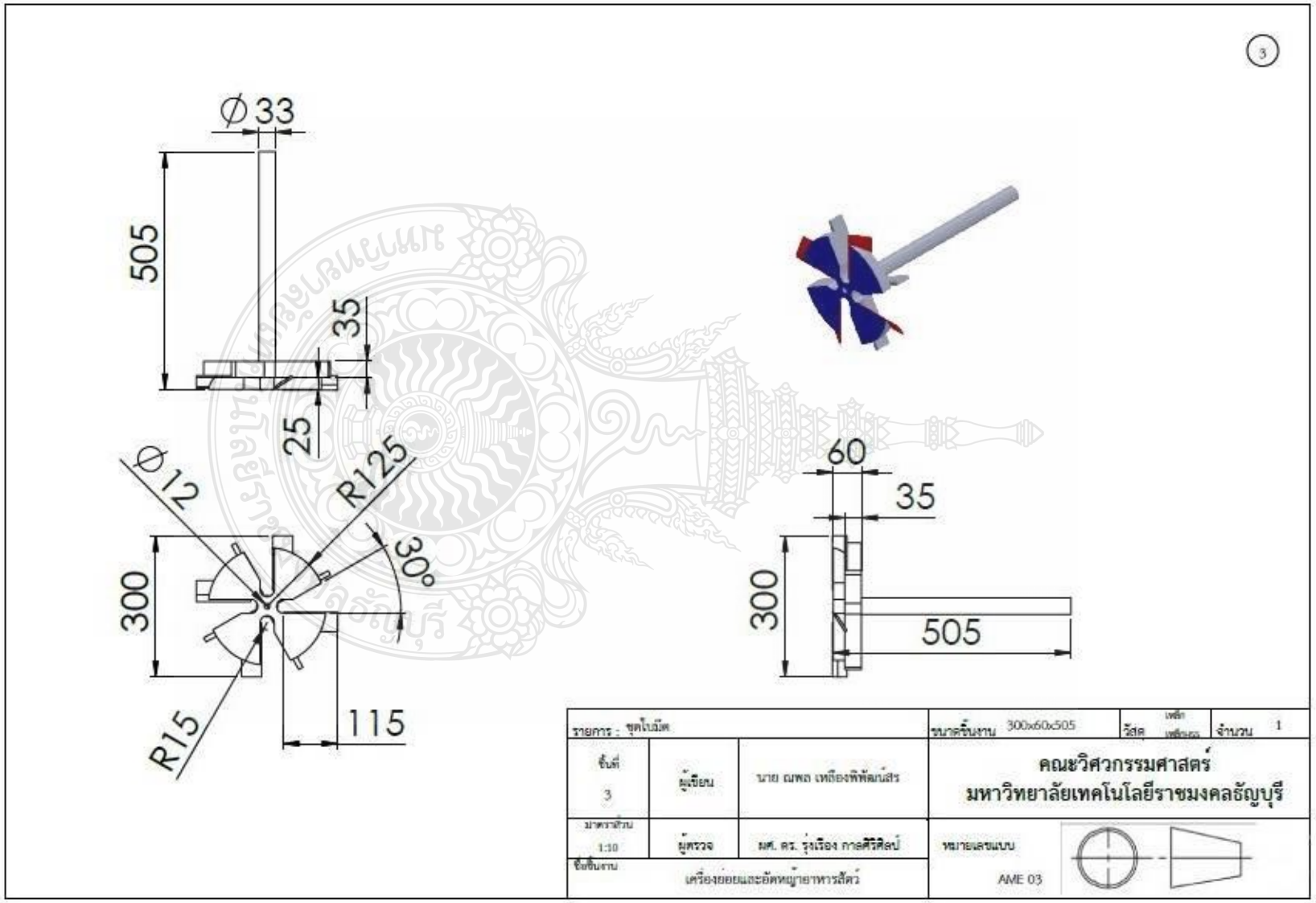


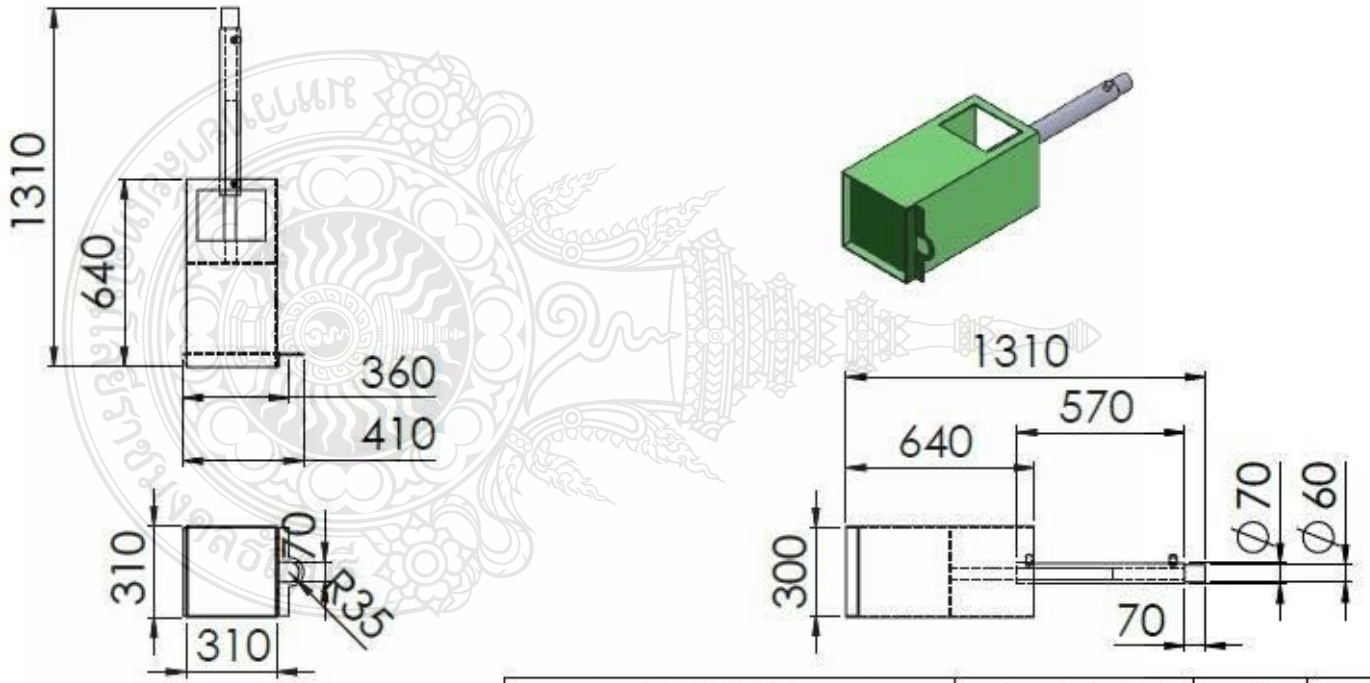
ส่วนประกอบหลัก
1. โครงเครื่อง
2. ชุดป้อนหญ้า
3. ชุดย่อยหญ้า
4. ชุดอัดหญ้า

รายการ : ส่วนประกอบเครื่องย่อยและอัดหญ้า			ขนาดชิ้นงาน	วัสดุ	จำนวน
ชิ้นที่	ผู้เขียน	นาย ณพล เหลืองพิพัฒน์สร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
มาตราส่วน 1:20	ผู้ตรวจ	ผศ. ดร. รุ่งเรือง กาฬศิริศิลป์	หมายเลขแบบ		
ชื่อชิ้นงาน	เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์		AME 00		


900
500
80
273.20
280
200
120
60
190
485
166.70
395
345
335
138
600
220
327.40
103
30
Ø80
900
1080.40
675
145
210
254
40
120
200
123
25
50
50
945
1138
377.40
25.40
500
1
รายการ : โครงเครื่อง
ขนาดชิ้นงาน 675x1138x1080.40
วัสดุ เหล็ก
จำนวน 1
ชิ้นที่ 1
ผู้เขียน
นาย ณพล เหลืองพิพัฒน์สร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มาตราส่วน 1:20
ผู้ตรวจ
ผศ. ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
ชื่อชิ้นงาน
เครื่องยอยและอัดหญ้าอาหารสัตว์
หมายเลขแบบ
AME 01


554
395
180
190
65°
160
140
460
935
R220
410
162.75
400
88
174.38
∅44
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
AME 02


3
Ø33
505
35
25
Ø12
R125
30°
300
R15
115
60
35
300
505
รายการ : ชุดใบมีด
ขนาดชิ้นงาน 300x60x505
วัสดุ เหล็กเหนียว
จำนวน 1
ชิ้นที่ 3
ผู้เขียน นาย ณพล เหลืองพิพัฒน์สร
มาตราส่วน 1:10
ผู้ตรวจ ผศ. ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์
ชื่อชิ้นงาน เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
หมายเลขแบบ AME 03



รายการ : ชุดยึดและกระบอกไฮดรอลิค			ขนาดชิ้นงาน 310x410x1310	วัสดุ เหล็ก	จำนวน 1
ชิ้นที่ 4	ผู้เขียน	นาย ณพล เหลืองพิพัฒน์สร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี		
มาตราส่วน 1:20	ผู้ตรวจ	ผศ. ดร. รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์	หมายเลขแบบ AME 04		
ชื่อชิ้นงาน เครื่องย่อยและยัดหญ้าอาหารสัตว์					

ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่

TAM007

การพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

ณพล เหลืองพิพัฒน์สร[1], รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์[1], จตุรงค์ ลังกาพินธุ์[1]

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

ผู้ เขียนติดต่อ:: ณพล เหลืองพิพัฒน์สร E-mail: napol_l@mail.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ได้ถูกออกแบบและสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงาน ช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนในการย่อยและอัด เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ โครงเครื่อง ชุดย่อยหญ้า ชุดอัดหญ้า และระบบถ่ายทอดกำลัง โดยใช้มอเตอร์ขนาด 4 hp เป็นต้นกำลังในทำงานของเครื่องจักร ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่มุมองศาของใบมีดสำหรับย่อยหญ้า 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 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีจุดคุ้มทุนในการทำงานที่ 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 Kalsirisilp[1], Jaturong Langkapin[1]

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

Corresponding author: Napol Luengpipatsorn. E-mail: napol_l@mail.rmutt.ac.th

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 revolutional 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° knive 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, knive angle.

1. บทนำ

จากสถิติการเลี้ยงโคนมของเกษตรกรในประเทศไทย พบว่าใน ปี พ.ศ. 2557 มีเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทยทั้งหมดจำนวน 16,634 ครัวเรือน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ ในพื้นที่เขต 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 เลี้ยงโคนมมากที่สุด จำนวน 2,601 ครัว เรือนรองลงมาคือจังหวัดนครราชสีมา ราชบุรี ลพบุรี และ เชียงใหม่ (กรมปศุสัตว์, 2557)

จากเอกสารของกองอาหารสัตว์กรมปศุสัตว์(สันธารและคณะ, 2552) พบว่าโคและกระบือมีความสามารถในการกินอาหารแห้งได้วัน

ละ 7 kg หรืออาหารข้นวันละ 9.5 kg ตัว$^{-1}$ ซึ่งจะเห็นว่าประเทศไทยมีความต้องการอาหารโค กระบือ ประเภทหญ้าแห้ง ในปริมาณมากถึงวันละ 60,000 ton หรือ 21.9 millionton y^{-1} อาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของโคนม ได้แก่ อาหารข้น และอาหารหยาบ หลังจากการรีดน้ำนมต้องมีการให้อาหารสัตว์เพื่อให้โคนมได้มีการผลิตน้ำนมขึ้นมาใหม่ เพื่อจะได้นำน้ำนมมาบริโภคและจำหน่าย สิ่งสำคัญได้แก่ อาหารข้น แร่ธาตุ วิตามินและอาหารหยาบ เช่น หญ้าสด , หญ้าหมัก หรือหญ้าแห้ง เพื่อเตรียมไว้เป็นอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนหญ้าสด กรรมวิธีการหมักหญ้าในระดับเกษตรกรจะเริ่มจากการย่อยหรือสับหญ้าด้วยมีดและนำไปหมักในกระสอบหรือถุงพลาสติกโดยการอัดและมัดกระสอบให้แน่นสนิท ซึ่งในขั้นตอนนี้จะใช้แรงงานคนและค่าใช้จ่ายสูง (วิโรจน์, 2546) เพื่อช่วยทุ่นแรง เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน ตลอดจนลดค่าใช้จ่ายในการทำหญ้าหมักของเกษตรกร จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยตัวเครื่องประกอบด้วยโครงสร้างหลักได้แก่ ชุดสำหรับป้อนหญ้าอาหารสัตว์ ชุดใบมีด ชุดถังสำหรับอัดและชุดอัดหญ้า ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังโดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ความเร็วรอบ มุมองศาของใบมีดที่เหมาะสม และความสามารถในการทำงานของเครื่องย่อยและอัดอาหารสัตว์ตลอดจนการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ออกแบบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

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

Figure 1 Structure frame.

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

Figure 2 Frame of compressing unit.

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

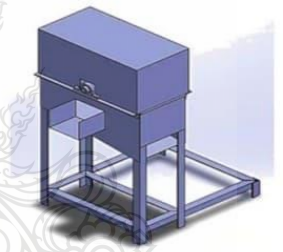


Figure 3 Shredding unit.

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.

ชุดใบมีดทำจากเหล็กฉากนำมาลับคมและนำมาเชื่อมติดกับเหล็กแผ่นกลมหนา 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

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

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

2.4 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าหาได้จากผลคูณของกระแสความต่างศักย์ และเวลาในการทำงานหารด้วย 1000 ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 (พิสิกส์ราชมงคล, 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 เกษตรกรซื้อเครื่องอัดหญ้าหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยไปแทนวิธีการใช้แรงงานคน ซึ่งค่าใช้จ่ายโดยรวมจะประกอบด้วยต้นทุนคงที่ (Fixed cost) และต้นทุนผันแปร (Variable cost) โดยต้นทุนคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่อง (คิดค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรงเมื่อประมาณอายุการใช้งานของเครื่องอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกร รายย่อย 5 year) และค่าเสียโอกาสของเงินทุน (คิดอัตราดอกเบี้ย 10 %) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนคงที่จะไม่เปลี่ยนแปรไปตามชั่วโมงการทำงาน อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ในที่นี้จะไม่คิดต้นทุนคงที่เกี่ยวกับค่าประกันภัย, ค่าภาษี, ค่าโรงเรือน และค่าจ้างขนย้ายเครื่องไปทำงานตามสถานที่ต่างๆ เป็นต้น สำหรับต้นทุนผันแปรซึ่งเป็นต้นทุนที่เปลี่ยนแปรไปตามชั่วโมงการทำงาน ได้แก่ 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 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรรายย่อย

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

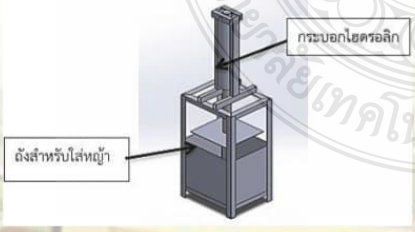


Figure 8 Engineering drawing of compressing unit.

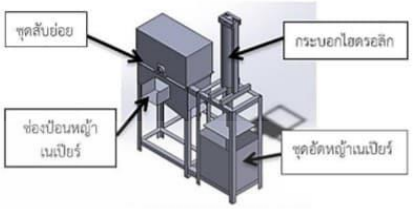


Figure 9 Engineering drawing of animal feed shredding and compressing machine.

3.2 ผลการทดสอบและประเมินสมรรถนะเครื่อง

การทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามุมองศาของใบมีดที่ดีที่สุดโดยทำการทดสอบอัดหญ้าครั้งละ 10 min ที่ความเร็วรอบใบมีด 870 rpm ผลการทดสอบแสดงดังTable 1

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

องศาใบมีด	สมรรถนะการอัดหญ้า(kg h^{-1})			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	เฉลี่ย
0^0	68.1	71.4	64.2	67.9
5^0	126.6	123.9	132.2	127.6
10^0	125.8	129.2	123.7	126.2

จาก Table 1 ที่มุมองศาใบมีด 0° มีสมรรถนะการย่อยและอัดหญ้าเฉลี่ย 67.9 kg h^{-1} ทำการทดสอบที่มุมองศาใบมีดที่ 5° พบว่ามีสมรรถนะการย่อยและอัดหญ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 127.6 kg h^{-1} และเมื่อเพิ่มองศาใบมีดเป็น 10° พบว่ามีสมรรถนะในการอัดหญ้าเท่ากับ 126.2 kg h^{-1} ดังนั้นสรุปได้ว่ามุมองศาของใบมีดที่เหมาะสมที่สุดคือ 5° ทั้งนี้เมื่อมุมองศาของใบมีดน้อยเกินไปทำให้ใบมีดไม่สามารถตัดหญ้าได้ ทำให้เสียเวลาในการป้อนหญ้า ในขณะที่มุมองศาใบมีดมากเกินไปทำให้ส่วนที่คมของใบมีดไม่สัมผัสหญ้าทำให้การย่อยตัดหญ้าไม่ละเอียด ซึ่งหญ้าที่ย่อยแล้วมีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้สัตว์กินหญ้าได้ยาก Figure 10 และ Figure 11 แสดงการทดสอบสมรรถนะการทำงานเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์

Figure 10 Testing of animal feed shredding and compressing machine.

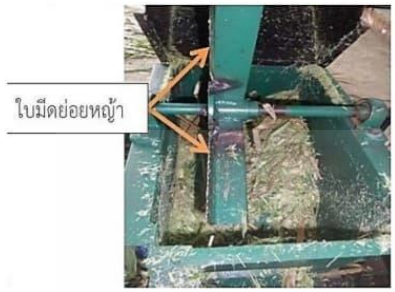


Figure 11 Closed up view of shedding unit.

3.3 ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

จากผลการทดสอบเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรรายย่อยที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นโดยใช้แรงงานคนปฏิบัติงาน 1 คน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 3.8 kw-h 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 x 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.ค่ามอเตอร์	6000
2.ค่าระบบไฮโดลิก	8000
3.ค่าวัสดุ	
-เหล็กฉาก	1200
-เหล็กแผ่น	800
-เหล็กเพลา	800
-เหล็กกล่อง	500
-พูเลย์	570
-สายพาน	200
-อื่นๆ เช่น สี น็อต	930
4.ค่าแรงในการสร้างและประกอบเครื่อง	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 ระยะเวลาคืนทุนมีดังนี้ต้นทุนผันแปร คือ ค่าผลรวมของค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนรวม คือ ต้นทุนผันแปรรวมกับดอกเบี้ยผลประโยชน์ที่ได้รับคำนวณจากอัตราจ้างในการย่อยและอัดหญ้า เท่ากับ 150 baht h^{-1} ผลประโยชน์สุทธิ คือ ผลต่างระหว่างผลประโยชน์ที่ได้รับกับต้นทุนรวม ระยะเวลาคืนทุน สามารถคำนวณได้จากผลหารระหว่างราคาซื้อเครื่องกับผลประโยชน์สุทธิ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ชั่วโมงการทำงาน 600 h yr^{-1}
ดอกเบี้ย 1320 baht yr^{-1}
ต้นทุนแปรผัน 84.9 baht h^{-1} (50940 baht yr^{-1})
ต้นทุนรวม 50940+1320 = 52260 baht yr^{-1}
ผลประโยชน์ได้รับ 150 x 600 = 90000 baht yr^{-1}

ผลประโยชน์สุทธิ 90000 – 52260 = 37740 baht yr^{-1}

ระยะเวลาคืนทุน (24000/37740) × 12 = 7.6 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 สามารถนำไปรับจ้างเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

4. สรุป

เครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์ต้นแบบมีส่วนประกอบหลัก คือ 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 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่ามีจุดคุ้มทุนในการทำงานที่ 374 h yr^{-1} และเมื่อพิจารณาการทำงานที่ 600 h yr^{-1} จะมีระยะเวลาในการคืนทุนเท่ากับ 0.63 yr ซึ่งเครื่องย่อยและอัดหญ้าอาหารสัตว์จะช่วยลดค่าใช้จ่ายของเกษตรกร ทำให้เกษตรกรมีรายได้สูงขึ้น สามารถแข่งขันกับประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาวิศกรรมเกษตร 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

สันธาร นาควัฒนานุกูล, ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ, วิชัย โอภานุกูล, จารุวัฒน์ มงคลธนทรรศ. 2552. วิจัยและพัฒนาเครื่องอัดฟางข้าว

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฟิสิกส์ราชมงคล. กำลังไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า มาตรไฟฟ้าและการคิดเงินค่าพลังงานไฟฟ้า.แหล่งข้อมูล: http://rmutphysics.com/-charud/scibook/electric3/pan14.htm

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

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ณพล เหลืองพิพัฒน์สร รหัส 1258604140001-5
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 18 มกราคม 2536
ที่อยู่	51/30 หมู่ 3 ตำบล ลำไทร อำเภอ วังน้อย จังหวัด พระนครศรีอยุธยา รหัสไปรษณีย์ 13170
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องจักกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี 2559
เบอร์โทรศัพท์	086-8233639
อีเมล์	napol_l@mail.rmutt.ac.th