สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับทำอาหารผสม

STUDY AND DEVELOPMENT OF STRAW CHOPPERS SET FOR TOTAL MIXED RATION

นางสาวประภาพร อินสวัสดิ์
นายพรเทพ บุญล้ำ
นายวีรชัย ศรีบัวรายณ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 103079
วัน,เดือน,ปี 27 ส.ค. 2552

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับทำอาหารผสม

STUDY AND DEVELOPMENT OF STRAW CHOPPERS SET FOR TOTAL MIXED RATION

โดย

นางสาวประภาพร อินสวัสดิ์

นายพรเทพ บุญล้ำ

นายวีรชัย ศรีบัวรายณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับทำอาหารผสม

Study And DevelopmentOf Straw Choppers Set For Total Mixed Ration

ผู้จัดทำ

1.นางสาวประภาพร	อินสวัสดิ์	รหัสประจำตัว	49015619
2.นายพรเทพ	บุญล้ำ	รหัสประจำตัว	49015624
3.นายวีรชัย	ศรีบัวรายณ์	รหัสประจำตัว	49015634

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วินัย กล้าจริง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับทำอาหารผสม

ประภาพร อินสวัสดิ์ 49015619
พรเทพ บุญล้ำ 49015624
วีรชัย ศรีบัวรายณ์ 49015634
รศ.ดร.วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาวิธีการสร้างเครื่องหั่นฟาง เพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศและเครื่องหั่นแบบเดิมที่เกษตรกรมีใช้อยู่ในท้องถิ่น สำหรับฟางที่หั่นได้นั้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารผสมมีความยาวอยู่ระหว่าง 3-5 เซนติเมตรและสามารถนำมาใช้หั่นย่อยฟางเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน การออกแบบเครื่องหั่นฟางให้เครื่องสามารถทำการหั่นฟางโดยการหั่นฟางทั้งฟ่อนได้ เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงาน ในการทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีทางสถิติหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน โดยทำการทดสอบการหั่นฟางอัดฟ่อนที่ความเร็วรอบของใบมีดต่างกัน ใช้วิธีทางสถิติเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม พบว่าอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 0.107 บาทต่อลิตร และมีประสิทธิภาพการหั่นเฉลี่ย 92.70 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Study and Development of Straw chopper for Total Mixed Ration

Prapaporn Insawat 49015619

Porntep Boonlam 49015624

Weerachai Sribuarai 49015634

Assoc.Prof.Dr. Vinai Klajring Advisor

2008

ABSTRACT

This paper presents the design, fabrication and development of straw chopper for replacing the import straw chopper from foreign country and the conventional straw chopper that farmers usually use. The suitable length of straw for using in total mixed ration feed should be 3-5 cm. The developed chopper could be used to cut straw to be as the fuel for steam boilers used in power generation. It was suitable for cutting the whole straw in whole which was convenience and saving time. The experimental design was factorial treatment design. To determine the performance of the chopper was evaluated statistically using factorial arrangement in Completely Randomized Design with three replicates. The statistical analysis was utilized to determine the optimal speed, cutter type and moisture range that produced the suitable length at the best capacity. The result showed that the average capacity was found to be 96 kg/hr, the average fuel consumption was 0.107 bath per kilogram straw and the cutting efficiency was 92.70 %.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้ทางคณะผู้จัดทำได้เรียบเรียงข้อมูลและเนื้อหาเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าน่าจะมีประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ และนำไปต่อยอดพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านการเกษตรกรรมและการทำอาหารสัตย์ต่อไป ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้พัฒนาปรับปรุงชุดใบมีดตัดและได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพดังที่แสดงผลไว้แล้ว หากเกิดข้อผิดพลาดประการใดหรือจะติชมทางคณะผู้จัดทำก็ยินดีที่จะรับฟังและนำไปแก้ไขปรับปรุงต่อไป

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้หากไม่ได้รับคำแนะนำดีๆจากท่านอาจารย์ที่ภาคทั้งหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร. วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา ของคณะผู้จัดทำเองที่คอยดูแลเอาใจใส่ ถึงแม้ว่าบางครั้งทางคณะผู้จัดทำจะทำงานผิดพลาดไปบ้าง แต่ท่านก็ไม่เคยที่จะบ่นหรือดุด่าว่ากล่าวเลย มีแต่คอยบอกให้กลับมาอยู่ในลู่ทางเหมือนเดิมเพื่อความสำเร็จของตัวคณะผู้จัดทำเอง

กลุ่มบุคคลอีกกลุ่มหนึ่งที่จะ ไม่ขอเอยเลยก็คงไม่ได้ เพราะเปรียบเสมือนกำลังหลักในการให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง อีกทั้งคำแนะนำดีๆที่มีให้เสมอมา บางคนมองว่าพวกเขาเหล่านั้นเป็นแค่นายช่างธรรมดาที่มีความรู้พอตัวหรือจะเทียบกับเด็กวิศวได้อย่างไร จนมองข้ามการให้ความเคารพนับถือซึ่งกันและกัน ทางคณะผู้จัดทำเพียงแค่อยากบอกว่าถ้าไม่มีบุคคลกลุ่มนี้คอยอยู่เบื้องหลังให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทั้งยังให้คำแนะนำที่ดีมาตลอดในวันนั้นก็คงไม่มีวิศวกรที่ในวันนี้เช่นกัน กลุ่มบุคคลเหล่านั้นก็คือนายช่างของวิศวกรรมเกษตร อันได้แก่ พี่ตุ่ม พี่ชยันต์ และพี่เอ๋ นั่นเอง

คนบุคคลที่กล่าวถึงมาทั้งหมดนี้ อีกทั้ง พี่ติ๊ก พี่แฝด พี่น้อย ธุรการของภาค และอีกหลายท่านที่ยังไม่ได้เอยชื่อต้องขออภัยมา ณ.ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
สารบัญกราฟ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ	4
2.1.1 บทบาทของอาหาร TMR	4
2.1.2 ลักษณะของอาหาร TMR	5
2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหาร TMR	6
2.1.4 ประโยชน์ของอาหาร TMR	6
2.1.5 ส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR	7
2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้ TMR	8
2.2 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว	8
2.2.1 คุณสมบัติทั่วไป	8
2.2.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้	9
2.2.3 การทำฟางปรุงแต่ง	9
2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว	12
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.2 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ	13
2.3.3 ความชื้นของฟางข้าว	14
2.4 การศึกษาใบมีดหั่นวัสดุเกษตร	14
2.4.1 ใบมีดชนิดจานกลม	14
2.4.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก	15
2.4.3 ชุดใบมีดหั่นวัสดุเมื่อหมุน	15
2.4.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน	16
2.4.5 เครื่องตัดแต่งต้นไม้ไฟฟ้า	17
2.4.6 เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า	18
2.4.7 เครื่องหันย่อยทางปาล์ม	20
2.4.8 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก ตีขุยมะพร้าว	21
2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง	22
2.5.1 อัตราทด (Velocity ratio)	22
2.5.2 การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับ	22
2.5.3 ความต้องการกำลัง	22
2.5.4 การคำนวณความชื้นของวัสดุ	22
2.5.5 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน	22
2.5.6 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด	23
2.5.7 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ	23
2.5.8 การออกแบบเพลาตัน	23
2.5.9 การคำนวณหาความเร็วรอบ	24
2.5.10 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน	24
2.5.11 การหา Power requirement	25
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	26
3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง	26
3.2 ตะแกรงป้องกันการกระแทก	27
3.3 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.4 ชุดใบมีด	29
3.5 ชุดหน้าแปลนใบมีด	30
3.6 ชุดส่งกำลังและใบพัด	31
3.7 โครงเหล็ก	32
3.8 เหล็กรองรับการตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าว	32
3.9 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่	34
3.9.1 ใบมีดที่ 1	35
3.9.2 ใบมีดที่ 2	36
3.9.3 ใบมีดที่ 3	37
3.10 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ	38
3.11 ผลการทดสอบ	39
3.12 การคำนวณการออกแบบ	40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	42
4.1 การทดลอง	42
4.2 จุดประสงค์การทดลอง	42
4.3 วิธีการทดลอง	42
4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการหั่น	42
4.3.2 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	44
4.4 ผลการทดลอง	45
4.4.1 ผลการทดสอบหาอัตราการหั่นฟางอัดฟ่อน	45
4.4.2 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน	49
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	54
5.1 สรุปผลการทดลอง	54
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร TMR	7
ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสม TMR สำหรับโค 1 ตัว	7
ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ	12
ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของใบมีดแต่ละชุด	39
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบหาอัตราความเร็วรอบขณะทำการตัดฟางของใบมีดแต่ละชุด	39
ตารางที่ 3.3 การทดลองหา Power requirement	40
ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาด	45
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้งเมื่อเทียบกับเครื่องเดิม	46
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการหั่นที่ได้ในแต่ละการทดสอบ	48
ตารางที่ 4.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในแต่ละการทดสอบ	49
ตารางที่ 4.5 อัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	44
ตารางที่ 4.6 ต้นทุนราคาน้ำมันเชื้อเพลิง	52
ภาคผนวก	
ตารางที่ 1 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ	57
ตารางที่ 2 ความชื้นของฟางข้าว	57
ตารางที่ 3 แสดงการดึงแยกฟางข้าว	58
ตารางที่ 4 ค่าตัวประกอบความล้า	59
ตารางที่ 5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานแบน	59
ตารางที่ 6 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพาน Kw/25 mm สำหรับส่วนโค้งสัมผัส 180^0	60
ตารางที่ 7 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_a สำหรับสายพานแบน	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 อาหารผสมสำเร็จรูป	4
ภาพที่ 2.2 อาหารโคนม-โคเนื้อ	5
ภาพที่ 2.3 ฟ่อนฟางทั่วไปของเกษตรกร	13
ภาพที่ 2.4 มิติด้านบนของฟ่อนฟาง	13
ภาพที่ 2.5 มิติด้านข้างของฟ่อนฟาง	13
ภาพที่ 2.6 ใบสับ (cutter head)	15
ภาพที่ 2.7 แฮมเมอร์มิล (Hammer Mill)	16
ภาพที่ 2.8 ชุดใบมีดเครื่องย่อย	17
ภาพที่ 2.9 ใบมีดเครื่องตัดแต่งต้นไม้ไฟฟ้า	18
ภาพที่ 2.10 ใบมีดเครื่องตัดหญ้า	19
ภาพที่ 2.11 ใบมีดหมุนหรือโรตารี	19
ภาพที่ 2.12 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม	20
ภาพที่ 2.13 ชุดใบมีดตัด	20
ภาพที่ 2.14 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว	21
ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง	26
ภาพที่ 3.2 แสดงแบบถังบรรจุฟ่อนฟาง	27
ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก	27
ภาพที่ 3.4 แสดงแบบตะแกรงป้องกันการกระแทก	28
ภาพที่ 3.5 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง	28
ภาพที่ 3.6 แสดงแบบตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง	29
ภาพที่ 3.7 ชุดใบมีด	30
ภาพที่ 3.8 ชุดหน้าแปลนใบมีด	30
ภาพที่ 3.9 แสดงแบบชุดหน้าแปลนใบมีด	30
ภาพที่ 3.10 ชุดส่งกำลัง	31
ภาพที่ 3.11 ชุดส่งกำลังสายพาน	31
ภาพที่ 3.12 ใบพัด	31
ภาพที่ 3.13 แสดงแบบโครงสร้างสำหรับติดตั้ง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.14 เหล็กรองรับการตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าว 32
ภาพที่ 3.15 ภาพด้านบนชุดใบมีดตัดของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน 33
ภาพที่ 3.16 ภาพด้านข้างชุดตัดของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน 33
ภาพที่ 3.17 เครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนด้านหน้า 34
ภาพที่ 3.18 เครื่องทดสอบ 34
ภาพที่ 3.19 ใบมีดชุดที่ 1 35
ภาพที่ 3.20 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 1 35
ภาพที่ 3.21 ใบมีดชุดที่ 2 36
ภาพที่ 3.22 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 2 36
ภาพที่ 3.23 ใบมีดชุดที่ 3 37
ภาพที่ 3.24 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 3 37
ภาพที่ 3.25 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีด 38
ภาพที่ 3.26 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดแต่ละชุด 38
ภาพที่ 3.27 การทดสอบหาแรงเคลื่อนของใบมีด 39
ภาพที่ 4.1 การทดสอบที่ความเร็วรอบต่างกัน 43
ภาพที่ 4.2 การทดสอบหั่นฟางอัดฟ่อน 43
ภาพที่ 4.3 ฟางที่ได้จากการทดสอบ 43
ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟาง 44
ภาพที่ 4.5 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 44
ภาพที่ 4.6 ฟางที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบใบมีด 700 รอบ/นาที 52
ภาพที่ 4.7 ฟางที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบใบมีด 750 รอบ/นาที 53
ภาพที่ 4.8 ฟางที่ตัดไม่ได้ขนาด 53
ภาพที่ 4.9 ฟางที่เหลือติดค้างอยู่ภายในตะแกรงกำหนดขนาดกับปล่องทางฟางออก 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่ 4.1 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาดที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที 45

กราฟที่ 4.2 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาดที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที 46

กราฟที่ 4.3 แสดงอัตราการหั่นฟาง (g) ที่ได้ขนาดของชุดใบมีดใหม่
และใบมีดเก่าที่ 700 รอบต่อนาที 47

กราฟที่ 4.4 แสดงอัตราการหั่นฟาง (g) ที่ได้ขนาดของชุดใบมีดใหม่
และใบมีดเก่าที่ 750 รอบต่อนาที 47

กราฟที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการหั่นฟางของชุดใบมีดใหม่
และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที 48

กราฟที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการหั่นฟางของชุดใบมีดใหม่
และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที 48

กราฟที่ 4.7 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของชุดใบมีดใหม่
และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที 49

กราฟที่ 4.8 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของใบมีดชุดใหม่
และใบมีดชุดเก่าที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที 50

กราฟที่ 4.9 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/cc.)
ที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที 51

กราฟที่ 4.10 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/cc.)
ที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที 51

กราฟที่ 4.11 แสดงอัตราต้นทุนราคาน้ำมันเชื้อเพลิง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษาโครงงานนี้

การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นโคนม และโคเนื้อ ได้รับการส่งเสริมจริงจังจากภาครัฐและเอกชน ดังจะเห็นได้จากจำนวนโคนมในปัจจุบันมีมากกว่า 4 แสนตัว แต่ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการการบริโภค ดังนั้นจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงโค จึงต้องมีการเพิ่มจำนวนโคนมเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิตน้ำนมดิบ และมีการเพิ่มจำนวนโคเนื้อให้มากขึ้น การเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่ออาหารที่จะใช้เลี้ยงอย่างมากมาย ส่งผลให้จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงในด้านอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ประเภทแรกได้แก่ อาหารข้น เป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูง ประเภทที่สองได้แก่ อาหารหยาบ เป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูง อาหารหยาบในเขตร้อนอย่างประเทศไทยนิยมใช้หญ้าหรือฟางแห้งมาทำ เพราะสิ่งเหลือใช้จากการผลิตข้าวเปลือก คือ ฟาง ซึ่งมีปริมาณมหาศาล และประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ปีละประมาณ 20 ล้านตันข้าวเปลือก แต่จะมีฟางจากการผลิตข้าวปีละประมาณ 50 - 60 ล้านตัน บางส่วนถูกไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน บางส่วนซึ่งเป็นปริมาณมากที่สุดถูกเผาทิ้ง สร้างมลภาวะแก่สภาพแวดล้อม มีเพียงปริมาณเล็กน้อยที่ถูกนำมาใช้เป็นประโยชน์ ดั้งนั้นจึงนิยมนำหญ้าหรือฟางแห้งมาใช้เป็นอาหารหยาบ อาหารทั้ง 2 ชนิดจะมีความสำคัญเท่า ๆ กันและต้องมีความสัมพันธ์กัน การให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียวโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟางข้าว ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารต่ำ และมีโภชนะไม่เพียงพอ จำเป็นที่ต้องให้อาหารข้นเสริมเพื่อช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับสารอาหารเต็มตามความต้องการ เพราะถ้าใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำโคจะย่อยได้น้อย ทำให้การกินอาหารลดลงตามไปด้วย เกษตรกรควรจะหาวิธีการที่จะแก้ปัญหานี้ เช่นการสับฟางเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วนำไปผสมรวมกับอาหารข้นหรืออาหารเสริมต่างๆเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้โคไม่เลือกกินอาหารเฉพาะอย่าง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียของอาหารที่โคไม่ได้กิน อาหารที่มีการผสมชนิดของวัตถุดิบอาหารทั้งหมดเข้าด้วยกันเรียกว่า อาหารผสมรวม หรือ total mixed rations หรือ TMR

เครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ที่จะช่วยในการหั่นย่อยฟางให้เป็นชิ้นเล็กๆ อุปสรรคของการนำฟางข้าวมาใช้เป็นประโยชน์ คือ การที่ต้องหั่นเป็นท่อนสั้นๆเพื่อให้เหมาะสมกับกรรมวิธีการแปลงสภาพสำหรับใช้ทำประโยชน์ต่อไป ในอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรจะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงงานคนสับหั่น ซึ่งนอกจากจะเป็นงานที่เหนื่อยยากมากแล้ว ยังเสียเวลาและแรงงานมาก ทำให้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มสูง จึงไม่มีการนำฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมเท่าที่ควร จึงได้มีการดำเนินงานเพื่อพัฒนาเครื่องหั่นฟาง โดยการดัดแปลงจากเครื่องจักรกลต่างๆ ที่มีอยู่ เช่น เครื่องหั่นใบยา และ เครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ เพื่อผลิตจำหน่ายในประเทศไทยมาบ้างแล้ว แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากมีขีดความสามารถต่ำ อีกทั้งประสิทธิภาพการทำงาน ตลอดจนความแข็งแรงทนทานไม่แน่นอน เป็นจุดอ่อนสำคัญของเครื่องหั่นฟางที่มีการผลิตจำหน่ายในประเทศ แข็งแรงทนทานไม่แน่นอน เป็นจุดอ่อนสำคัญของเครื่องหั่นฟางที่มีการผลิตจำหน่ายในประเทศ ส่วนเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่ต่างประเทศมีราคาสูง ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสมให้มีขีดความสามารถในการทำงานอีกทั้งประสิทธิภาพการทำงาน และความแข็งแรงทนทานสูง เพื่อช่วยลดต้นทุนและช่วยประหยัดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการให้อาหาร

จากการสร้างและทดลองเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนนั้น พบว่าเครื่องดังกล่าวนี้ยังต้องได้รับการพัฒนาอีกหลายด้านด้วยกัน เช่นเครื่องไม่สามารถตัดเชือกที่มัดฟางออกได้ เนื่องจากช่วงของใบมีดไม่ตรงกับเชือก ปัญหาสำคัญที่พบหลังจากทำการหั่นย่อยไปได้สักระยะเวลาหนึ่ง คือ ฟางจะไปอุดอยู่ตรงมุมด้านหนึ่งของถังบรรจุฟ่อนฟาง

จากการตรวจสอบวิเคราะห์ถึงปัญหาสาเหตุ ของเครื่องดังกล่าว พบว่า ชุดใบมีดของเดิมนั้นไม่สามารถตัดเชือกที่มัดฟ่อนฟางให้ขาดได้ และเมื่อทำการหั่นย่อยฟางไปได้สักระยะเวลาหนึ่ง ฟางจะไปอุดตันอยู่ตรงมุมด้านหนึ่งของถังอันเนื่องมาจากใบมีดไม่สามารถที่จะดึงเส้นฟางที่ตัดแล้วให้ลงสู่ตะแกรงคัดขนาดได้ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาชุดใบมีดขึ้นมาใหม่ให้สามารถตัดเชือกที่ใช้มัดฟ่อนฟางขาดออกจากกัน และสามารถดึงเส้นฟางที่ตัดแล้วให้ลงสู่ตะแกรงคัดขนาดได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดสำหรับหั่นย่อยฟาง
2. ทดสอบหาประสิทธิ์ภาพการทำงานของชุดใบมีดเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิ์ภาพสูงสุด

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการนำฟางมาทำอาหารผสม
2. ศึกษาลักษณะการทำงานของชุดใบมีดของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่สร้างขึ้น
3. ออกแบบพัฒนาชุดใบมีดโดยพิจารณาถึงความเหมาะสม เพื่อความเหมาะสมสำหรับการหั่นย่อยฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขชุดใบมีดของเครื่องต้นแบบเพื่อให้มีประสิทธิ์ภาพในการทำงานสูงสุด

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องต้นแบบที่ใช้สำหรับการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่สามารถหั่นฟางสำหรับกาทำอาหารผสมได้และสามารถหั่นย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆ

2. สามารถแก้ปัญหาการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่จะนำไปทำอาหารผสมและการพัฒนาไปสู่ระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์

3. ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตลดปัญหาการกำจัดฟาง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร

1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องหั่นฟางที่ถูกออกแบบและสร้างขึ้นใหม่นั้นสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้ระบบป้อนแบบลูกกลิ้งแต่ใช้การกำหนดขนาดความยาวของเส้นฟางซึ่งจะใช้ตะแกรงคัดขนาดเข้ามาแทน ซึ่งจะทำงานร่วมกับระบบหั่นตัดที่แข็งแรงทนทานทำให้เกิดความรวดเร็วในการทำงานเนื่องจากเกษตรกรไม่ต้องทำการแยกฟางออกจากฟ่อนและคอยป้อน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องหั่นที่มีอยู่เดิมนั้นใช้หลักการทำงานคล้ายคลึงกัน คือ กลไกสำคัญจะประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบหั่นตัดและระบบป้อนแบบลูกกลิ้ง ซึ่งการทำงานต้องอาศัยแรงงานคนในการป้อนวัสดุและความยาวของวัสดุจะถูกกำหนดโดยความเร็วรอบของระบบป้อนแบบลูกกลิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม - โคเนื้อ

ภาพที่ 2.1 อาหารผสม

คำว่า “TMR” มาจาก Total mixed ration หรือ Complete Ration (CR) หรือ อาหารผสมสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาจากการนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการของโค แล้วนำไปเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ แทนการเลี้ยงแบบเดิม ซึ่งจะแยกการให้อาหารหยาบและอาหารข้น เช่น ในโคนมผู้เลี้ยงจะให้อาหารหยาบ ตลอดทั้งวันแบบให้กินเต็มที่ และให้อาหารข้นเสริมวันละ 1-2 ครั้ง/วัน ขณะรีดนม เป็นต้น ปัจจุบันมีบริษัทผลิตอาหารผสมสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายทั้งในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ด อาหารผสมสำเร็จรูปแบบผง หรืออาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก

2.1.1 บทบาทของอาหาร TMR

ความเป็นกรด-ด่าง (PH)ในกระเพาะรูเมน มีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมให้ความเป็น กรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนคงที่จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วงของความเป็น กรด-ด่างที่เหมาะสมควรเป็น 6.0-6.5 ซึ่งความเป็นกรด-ด่างนี้จะมีผลโดยตรงมาจากอาหาร ถ้าให้โคได้กินอาหาร แบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบ และอาหารข้น ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะเปลี่ยนแปลงไปตามอาหารที่ให้ตลอดเวลา กล่าวคือ ถ้าให้โคกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่ย่อยได้สูง สภาพในกระเพาะรูเมนจะเป็นกรด มีความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ถ้าให้อาหารข้นปริมาณมากโอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในโคนมไขมันในน้ำนมจะต่ำ และโคจะแสดงอาการป่วยมีกรดในกระเพาะสูงเมื่อโคได้กินหญ้าหรืออาหารหยาบความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น เนื่องจากโคจะมีการเคี้ยวเอื้องทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมน จะช่วยปรับสภาพในรูเมนให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ดังนั้น การให้อาหารหยาบ และอาหารข้นพร้อมๆ กันในรูปของอาหาร TMR (อาหารผสมสำเร็จรูป) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ ได้ดีกว่าการให้อาหารแยกกัน

ภาพที่ 2.2 อาหาร โคนม-โคเนื้อ

2.1.2 ลักษณะของอาหาร TMR

ปกติการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะที่จะทำหน้าที่เปลี่ยนอาหารเป็นกรดไขมัน ในสูตรอาหาร TMR จำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบลง เพื่อการผสมให้เข้ากันดีกับอาหารข้นลดความฟ่ามของอาหาร ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้และลดการเลือกกินอาหาร การลดขนาดของอาหารหยาบจะลดอาการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังนั้น อาหาร TMR ควรมีลักษณะดังนี้

1. ประกอบด้วยอาหารหยาบ และอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสมควรมีระดับพลังงาน และโปรตีนครบตามความต้องการของสัตว์ระยะต่างๆ โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งตามอายุ และผลผลิตของโค

2. คุณภาพของอาหารหยาบ และอาหารข้นต้องมีคุณภาพดี ควรมีระดับโปรตีนไหลผ่าน 30-35% ของโปรตีนทั้งหมดในอาหารมี NDS ไม่เกิน 35% โดยเฉพาะอาหารหยาบ ถ้ามีคุณภาพต่ำจะไม่ช่วยให้การใช้ประโยชน์ของอาหาร TMR สูงสุด

3. ขนาดตามยาวของอาหารหยาบไม่สั้นจนเกินไป ความยาวที่แนะนำให้ใช้อยู่ระหว่าง 3-5 ซม. หรือยาวกว่านี้ และมีเยื่อใย ADF ประมาณ 20-25% หรือ NDF 30-35% จึงจะทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ และสามารถรักษาความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะให้คงที่ได้

4. การกระจายตัวของอาหารหยาบ และอาหารข้นควรสม่ำเสมอทั่วถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สภาพอาหารต้องไม่มีรา หรือมอด และควรมีความน่ากินเป็นที่สนใจของโค

2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหาร TMR

ในการประกอบสูตรอาหาร TMR ต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติที่ดีเช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารข้น อาหาร TMR จะประกอบด้วย

1. แหล่งอาหารหยาบ ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในด้านการย่อยได้ และอัตราการย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าอัตราการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้

2. แหล่งอาหารข้น ประกอบด้วยแหล่งอาหารโปรตีน เช่น พวกกากถั่วเหลืองๆ กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำประหลังแห้ง เป็นต้น แหล่งอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง เป็นต้น

3. แหล่งแร่ธาตุ และอื่นๆ ได้แก่ กระดูก เปลือกหอย เกลือ ไดแคลเซียมฟอสเฟต วิตามิน และแร่ธาตุปลีกย่อย เป็นต้น

2.1.4 ประโยชน์ของอาหาร TMR

การให้โคกินอาหารแบบอาหารผสมเสร็จ TMR หรือ Complete feed นี้เป็นการรวมทั้งอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารเสริมแร่ธาตุ และวิตามินเข้าด้วยกัน โดยการคำนวณให้มีโภชนะต่างๆ เพียงพอตามความต้องการของสัตว์ การให้อาหารแบบนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการประหยัดเวลาและแรงงาน ซึ่งโคจะได้รับโภชนะครบถ้วน และมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของโค และโคจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศน์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2. ทำให้กระเพาะรูเมนของโค ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. อาหารในกระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น

4. ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น

5. ทำให้มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดป่วยเป็นโรคมีกรดในกระเพาะมากกับโค

6. ทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

7. จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบ และสะดวกในการให้อาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR

สูตรผสมและส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR ขึ้นกับความต้องการของสัตว์ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร TMR

ส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR สำหรับโคให้นม 10 - 15 กก./วัน		
ยอดโภชนะย่อยได้	67	เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	15	เปอร์เซ็นต์
เยื่อใย	27	เปอร์เซ็นต์
แป้ง+ น้ำตาล	28	เปอร์เซ็นต์
แร่ธาตุ		
แคลเซียม	0.48	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส	0.31	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียม	0.20	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน	0.20	เปอร์เซ็นต์
ซีลีเนียม	0.30	เปอร์เซ็นต์
ไอโอดีน	0.60	เปอร์เซ็นต์
วิตามินเอ (TU/กก.)	3,200	เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสม TMR สำหรับโค 1 ตัว

สูตรผสม TMR สำหรับโค 1 ตัว ที่ให้นม 10 – 15 กก./วัน		
	สูตร 1	**สูตร2**
หญ้ารูซี่แห้งบด (กก.)	6.8	5.8
ใบกระถินแห้ง (กก.)	1.5	1.5
เมล็ดฝ้าย1 (กก.)	1.5	-
เมล็ดฝ้าย1 (กก.)	1.4	2.4
กากน้ำตาล (กก.)	1.3	1.3
มันเส้น (กก.)	1.5	4.0
ยูเรีย (กก.)	0.13	0.13
แร่ธาตุ3 (กก.)	0.12	0.12
รวม (กก.)	14.25	14.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ - อาจใช้เมล็ดนุ่นแทน

- อาจใช้กากนุ่นหรือกากงาแทน
- แร่ธาตุสูตรกรมปศุสัตว์

2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้ TMR

โคอาจได้รับโภชนะบางตัวมาก หรือน้อยกว่าความต้องการ โดยเฉพาะพลังงานและโปรตีน ทั้งนี้ เนื่องจากการประกอบสูตร TMR มักใช้เพื่อเลี้ยงโคในระดับเฉลี่ยทั่วไป ดังนั้น โคที่มีความต้องการโภชนะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับโภชนะมากกว่าความต้องการ ซึ่งอาจทำให้โคอ้วน และในทางกลับกันโคที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับไม่เพียงพอ ต้นทุนค่าอาหารจะสูงขึ้น ทั้งนี้ เพราะมีการใช้เครื่องจักรกลเพื่อผสมอัดเม็ด หรือบดวัตถุดิบโดยเฉพาะอาหารหยาบ อย่างไรก็ตาม ราคาของ TMR จะต้องไม่แพงไปกว่าอาหารข้นโดยทั่วไป จึงจะทำให้ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนเต็ม แหล่งของเยื่อใยใน TMR โดยเฉพาะในแง่การค้าผู้ผลิตมักนิยมใช้ของที่บดง่าย เช่น ซังข้าวโพด เปลือกถั่วลิสง หรืออื่นๆ ผสม ซึ่งไม่มีลักษณะเป็นเส้นใย ดังนั้น สัตว์จะย่อยไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าปกติ นอกจากนั้น ยังมีการนิยมใช้กากปาล์ม ซึ่งมีกะลาปาล์มปนค่อนข้างมากเป็นแหล่งเยื่อใย ซึ่งจะทำให้โคมีอาการเบื่ออาหาร และการให้ผลผลิตลดลง มีการสูญเสียโภชนะระหว่างขบวนการเตรียมTMR เช่น การอัดเม็ดหรือการหมัก โดยเฉพาะกรณีหลังนี้ จะมีการทำลายโปรตีน และแป้งใน TMR ระหว่างการหมักโดยจุลินทรีย์ทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์น้อยกว่าที่ประมาณการไว้ มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดจากการได้รับสาร NPN (Nonprotein Nitrogen) สูงค่อนข้างมากทั้งนี้เพราะ ผู้ผลิตมักนิยมผสมยูเรียลงไปเพื่อเพิ่มโปรตีน และแนะนำให้กินเฉพาะ TMR อย่างเดียวเต็มที่ ดังนั้น ถ้าสัตว์ได้รับยูเรียมากกว่าวันละ 30 กรัม/น้ำหนักตัว 100 กก. จะทำให้เกิดพิษ ซึ่งผู้ผลิตและผู้ใช้จะต้องระวังที่จุดนี้ให้มาก ในทางปฏิบัติอาหาร TMR ไม่ควรใส่ยูเรียเกิน 1% และมักผสมกากน้ำตาลด้วยในปริมาณ 5–10 %

2.2 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว

2.2.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. เป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว มีมากหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค-กระบือในช่วงแล้ง

2. มีคุณค่าทางอาหารต่ำมีโปรตีน เยื่อใย และค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ประมาณ 2.76%, 36.17% และ 45% ของวัตถุแห้งตามลำดับ

3. อัตราการย่อยได้ต่ำ ทำให้ฟางอยู่ในกระเพาะนาน สัตว์จึงได้รับโภชนะต่าง ๆ น้อย ถ้าให้สัตว์กินฟางอย่างเดียวนาน ๆ จะทำให้น้ำหนักตัวลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้

1. ฟางใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องและควรใช้ร่วมกับอาหารข้น หรือเสริมด้วยใบพืชตระกูลถั่วโปรตีนสูง

2. การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว เพื่อให้สัตว์ได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้แก่ การทำฟางหมักยูเรีย และฟางปรุงแต่งสด โดยใช้สารละลายยูเรีย-กากน้ำตาล ราดฟางให้ทั่ว

3. การใช้ฟางหมักเลี้ยงโค-กระบือ สามารถใช้ในสภาพเปียกหรือแห้งก็ได้ ฟางหมักที่เปิดจากกองใหม่ๆ มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียควรทิ้งไว้สักพัก (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ก่อนให้สัตว์กินถ้าใช้ฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบอย่างเดียวควรเสริมอาหารข้นเพื่อให้เกิดแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์และควรมีน้ำสะอาดให้โค-กระบือกินตลอดเวลา

2.2.3 การทำฟางปรุงแต่ง

ในฤดูแล้งปัญหาที่เกษตรกรมักพบเป็นประจำทุกปีก็คือ การขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงโคนม แต่ก็ยังพอจะหาสิ่งอื่นมาทดแทนได้ สิ่งนั้นก็คือ ฟางข้าว ซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร หาง่าย และมีราคาค่อนข้างถูก แต่ก็มีข้อเสียคือ มีคุณค่าทางอาหารต่ำ คือมีโปรตีนต่ำ และย่อยยาก โดยจะสังเกตได้จากโคและกระบือทั่วไปมีลักษณะผอม ไม่สมบูรณ์ในฤดูแล้ง ดังนั้น ถ้าทำให้ฟางข้าวมีโปรตีนเพิ่มขึ้น และสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น ก็จะมีประโยชน์ต่อการเลี้ยงโคนมเป็นอย่างมาก การปรุงแต่งฟางข้าวด้วยปุ๋ยยูเรียไม่เพียงแต่จะช่วยให้ย่อยง่ายขึ้น ยูเรียที่ใส่เข้าไปยังสลายตัวให้โปรตีนเพิ่มขึ้นจากฟางธรรมดาอีกประมาณ 4-5% แต่ขบวนการปรุงแต่งฟางข้าวไม่ใช่การหมัก เช่นกรณีของหญ้าหมัก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใดทั้งสิ้น การเติมสารเร่งการหมัก เช่นกากน้ำตาล รำมักเส้น หรือการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด เช่น เกลือแกงจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการปรุงแต่ง จึงไม่จำเป็นต้องใส่ให้สิ้นเปลือง นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องหั่นฟางย่ำ หรืออัด หรือหาวัสดุหนักๆ มาทับ และไม่จำเป็นต้องทำในร่มหรือสร้างหลังคากันฝน เพียงแต่ใช้มัดฟางคลุมด้านบนหรืออาจใช้วัสดุอื่นๆ เช่น เต็นท์ กระสอบเก่า ใบตาล คลุมก็ได้

วิธีทำฟางปรุงแต่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ทำแบบกองบนพื้นราบและคลุมด้วยพลาสติก หรือทำเป็นบ่อซีเมนต์ ซึ่งวิธีนี้ในระยะยาวจะประหยัดกว่า เพราะลงทุนสร้างบ่อเพียงครั้งเดียว แต่ใช้ประโยชน์ได้หลายครั้ง จะทำเมื่อไรก็ได้ หากหาซื้อฟางได้ในราคาถูกไม่ต้องคำนึงถึงฤดูกาลมากนัก เก็บได้นานกว่า ประหยัดค่าพลาสติกที่ใช้คลุมป้องกันการรั่วซึมได้ดีกว่า นอกจากนี้ยังดัดแปลงเป็นบ่อหญ้าได้อีกด้วย

การทำฟางปรุงแต่งโดยใช้บ่อซีเมนต์บล็อค ขนาดบ่อซีเมนต์ ขึ้นอยู่กับจำนวนโคของเกษตรกรและความต้องการ หากต้องการทำฟางปรุงแต่งคราวละมากๆ ก็สร้างบ่อให้มีขนาดใหญ่ หรือสร้างขนาดเล็กแต่มีหลายบ่อ เพื่อให้ง่ายต่อการเปิดใช้ ขนาดที่ อ.ส.ค. แนะนำ และได้ทดลองแล้วว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำฟางปรุงแต่งได้ผล เป็นบ่อขนาดเล็ก สร้างด้วยอิฐบล็อคเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฉาบด้วยปูนผสมทราย เพื่อป้องกันการรั่วซึม และไม่ให้สัมผัสดินด้านบน ด้วยพลาสติกใส ขนาดของบ่อ มีความจุประมาณ 3.42 ลูกบาศก์เมตร หรือจุฟางได้ประมาณ 16 ฟ่อน (320 กก.) กว้างประมาณ 1 เมตร 75 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อค 4 ก้อน ยาวประมาณ 2 เมตร 30 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อค 5 1/2 ก้อน และสูงประมาณ 85 เซนติ เมตร หรืออิฐประมาณ 4 ก้อน ค่าใช้จ่ายในการทำบ่อซีเมนต์ ในการทำบ่อซีเมนต์โดยใช้อิฐบล็อคนี้เสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก โดยเฉพาะเรื่องค่าแรง หากลงมือทำเอง โดยเฉลี่ยแล้ว จะใช้วัสดุดังต่อไปนี้ - อิฐบล็อค 76 ก้อนๆ ละ 2.50 บาท เป็นเงิน 190 บาท - ทรายหยาบประมาณ 0.5 คิวๆ ละ 150 บาท เป็นเงิน 75 บาท - ปูนซีเมนต์ประมาณ 2 ถุงๆ ละ 80 บาท เป็นเงิน 160 บาท สรุปแล้วลงทุนครั้งเดียว จะใช้เงินประมาณ 425 บาท ต่อหนึ่งบ่อ แต่สามารถใช้งานได้นานหลายปี จะใช้ฟางเท่าใดในการปรุงแต่งฟางแต่ละครั้ง การปรุงแต่งคุณภาพฟางแต่ละครั้ง ควรประมาณให้พอเพียงกับจำนวนโคที่เลี้ยงไว้ในฟาร์ม หรือตามจำนวนโคที่ต้องการให้ กิน (เช่น โคที่กำลังให้นม โคสาว เป็นต้น) โดยกะให้ใช้หมดกองภายใน 3-4 สัปดาห์ และทำติดต่อกันโดยกองใหม่สามารถเปิดใช้ได้เมื่อกองแรกหมดพอดี โค 1 ตัว น้ำหนักประมาณ 380-400 กก. จะกินได้ประมาณ 7-9 กก./วัน อย่างไรก็ตามการทำกองเล็กๆ (ไม่เกิน 2,000 กก.) แล้วใช้หมดภายใน 3-4 สัปดาห์ จะได้ผลดีกว่ากองใหญ่แล้วเลี้ยงในระยะนานขึ้น เพราะ ถ้าทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ ปริมาณไนโตรเจนซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนในฟางปรุงแต่งจะลดลง ถ้าทิ้งไว้นานฟางจะยุ่ยและทำให้ความน่ากินลดลง การทำกองสูงมากๆ แอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียจะกระจายไม่ทั่วกอง การทำกองสูงๆ อันตรายต่อผู้ปฏิบัติและยากต่อการนำไปใช้

อัตราของฟางต่อน้ำต่อปุ๋ยยูเรีย ฟาง/น้ำ/ปุ๋ยยูเรีย = 100/100/6

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรุงแต่งฟางข้าว</u>

1. ตาชั่ง
2. บัวรดน้ำ
3. แผ่นพลาสติกใส บาง (พลาสติกในราคาถูกชนิดที่ใช้ทำเห็ดฟาง)
4. ฟางข้าวไม่ขึ้นราในที่นี้จะใช้ฟางอัดฟ่อนเพราะสะดวกในการทำและการนำไปใช้ จำนวน 16 ฟ่อน (โดยประมาณ ฟาง 1 ฟ่อน หนักประมาณ 20 กก. ฟาง 16 ฟ่อน หนักประมาณ 320 กก.)
5. ปุ๋ยยูเรียประมาณ 20 กก.
6. น้ำประมาณ 320 กก.
7. กระสอบหรือวัสดุอื่นสำหรับคลุมชั้นบนสุดเพื่อไม่ให้ฟางปรุงแต่งสัมผัสแดดโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำฟางปรุงแต่ง

แบ่งฟาง ยูเรีย และน้ำ ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน คือ ฟางส่วนละ 8 ฟ่อน น้ำ 160 กก. และปุ๋ยยูเรีย 10 กก. เรียงฟาง 8 ฟ่อนแรกลงไปในบ่อก่อน โดยวางตั้งฟ่อนฟางขึ้น แกะลวดหรือเชือดที่มัดฟางออก (ไม่จำเป็นต้องกระจายฟาง) รดน้ำเปล่าที่ไม่ได้ผสมยูเรียประมาณ 60 กก. ให้ทั่วก่อน จากนั้นละลายปุ๋ยยูเรีย 10 กก. กับน้ำ 100 กก. นำไปรดฟางที่อยู่ในบล็อคให้ทั่ว การทำเช่นนี้จะช่วยให้ยูเรียกระจายไปตามเส้นฟางอย่างทั่วถึง ส่วนฟางที่เหลือก็ทำในลักษณะเดียวกันโดยวางซ้อนขึ้นไปด้านบนได้เลย เรียงฟางเต็มบ่อแล้วใช้พลาสติกใสคลุมด้านบน โดยวางพลาสติกให้เลื่อมกันและเหน็บชายลงไปด้านข้างในบ่อให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการรั่วซึมของแอมโมเนีย คลุมด้วยกระสอบเพื่อไม่ให้กองฟางสัมผัสแดดโดยตรง ใช้ดินหรือวัตถุหนักๆ วางทับบนกระสอบไม่ให้ลมพัดกระสอบปลิว

การนำมาใช้ การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวจะใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ จึงจะเริ่มเปิดมาใช้ได้ การเปิดกองก่อนกำหนดจะทำให้การปรุงแต่งไม่สมบูรณ์ วิธีการเปิดกองมาใช้จะเปิดจากทางด้านกว้างของบ่อ โดยนำวัสดุคลุมออกและเปิดพลาสติกพับตามขวาง นำฟางปรุงแต่งฟ่อนที่ติดอยู่ริมสุดทั้งชั้นบนและล่างออกมาใช้ก่อนตามปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน แล้วปิดพลาสติกและวัสดุคลุมตามเดิม ทำเช่นนี้ทุกวันจนกระทั่งหมดกองเริ่มเริ่มเปิดกองใหม่ต่อไป ฟางที่ปรุงแต่งคุณภาพแล้วเมื่อนำออกมาจากกองจะมีกลิ่นแอมโมเนียแรงมาก ซึ่งมีความน่ากินต่อโคน้อย จึงจำเป็นต้อง นำมาผึ่งในร่มให้หมดกลิ่นเสียก่อน โดยใช้เวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง ในตอนกลางวันหรืออาจจะเปิดบ่อในตอนค่ำและผึ่งฟางไว้ตลอดคืน รุ่งเช้าสามารถนำมาเลี้ยงโคได้เมื่อเปิดกองแล้วให้กินให้หมดภายใน 3 - 4 สัปดาห์

ประโยชน์ของการเลี้ยงโคด้วยฟางปรุงแต่ง

1.ฟางที่ปรุงแต่งจะมีความน่ากินต่อโคเทียบเท่าอาหารหยาบอย่างดี เช่น หญ้าแห้ง หญ้าสด หญ้าหมัก เพราะย่อยง่ายและรสชาติดี

2.ฟางที่ปรุงแต่งแล้วจะมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ เพิ่มขึ้นอีก 2.2 - 2.5 เท่า การย่อยได้เพิ่มขึ้น 8% และ มีคุณค่าทางอาหารทัดเทียมหญ้าแห้ง

3.ฟางปรุงแต่งมีราคาต่ำกว่าหญ้าแห้ง หรือหญ้าหมัก ทั้งยังทำได้ง่ายกว่า

4.การทำฟางปรุงแต่งเป็นการเก็บสำรองอาหารให้โคกินในฤดูแล้งซึ่งขาดแคลนหญ้า และทำให้โคมีการเจริญเติบโตลักษณะสมบูรณ์ สุขภาพดี เช่นเดียวกับช่วงฤดูฝนที่มีหญ้าอุดมสมบูรณ์ และนอกจากนี้โคจะเจริญเติบโตได้ดีเท่ากับเลี้ยงด้วยหญ้าสด หรือหญ้าแห้ง

5.การเลี้ยงโคด้วยฟางปรุงแต่งจะใช้ต้นทุนการผลิตต่อโค 1 ตัวต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับการเลี้ยงด้วยหญ้าสด หญ้าแห้ง หญ้าหมัก

6.การนำฟางข้าวมาปรุงแต่งคุณภาพเป็นทางเดียวที่เกษตรกรที่ไม่มีพื้นที่ปลูกสร้างแปลงหญ้า สามารถเก็บถนอมอาหารที่มีคุณภาพ ไว้ใช้ในฤดูแล้งได้ เพราะฟางเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งอยู่ทั่วไปทุกพื้นที่ และราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สิ่งจำเป็นในการเลี้ยงโคด้วยฟางปรุงแต่ง</u>

1. โคทุกตัวควรได้รับอาหารข้นอย่างน้อยวันละ 1.5 กก. และได้รับแร่ธาตุอย่างพอเพียง

2. โคทุกตัวต้องได้รับวิตามินเอและอีเสริม โดยอาจจะได้จากหญ้าสดหรือใบกระถินสดวันละประมาณ 5 กก. หรือให้กินวิตามินเอและอีกประมาณวันละ 1 ช้อนชาต่อตัวหรืออาจจะฉีดวิตามินเอดีอีให้ในอัตรา 5 ซีซี. ต่อตัวต่อเดือน

3. ต้องมีน้ำให้โคกินตลอดเวลา การขาดน้ำจะทำให้โคกินฟางปรุงแต่งลดลง

<u>ข้อควรระวัง</u>

1. ระวังอย่าให้พลาสติกที่คลุมมีรูหรือบ่อซีเมนต์แตกหรือมีรอยรั่ว
2. วิธีทำควรแยกทำทีละชั้น
3. ต้องละลายยูเรียกับน้ำให้เข้ากันให้ดีเสียก่อน
4. ไม่ใช้กับโคอายุต่ำกว่า 6 เดือน

ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ

โภชนะ	ฟางธรรมดา	ฟางหมักยูเรีย		ฟางราดสารละลายยูเรีย – กากน้ำตาล
		สด	แห้ง	
วัตถุแห้ง (DM)	90.0	57.0	90.0	63.48
โปรตีนรวม (CP)	2.76	4.99	7.88	7.02
เยื่อใย (CF)	38.13	21.11	33.33	-
เถ้า (Ash)	14.54	11.6	18.3	-
ไขมัน (EE)	2.00	3.09	4.88	1.92
คาร์โบไฮเดรต (NFE)	32.27	16.21	25.61	-
โภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN)	40.2	28.22	44.55	-
โปรตีนย่อยได้ (DP)	0	2.69	4.24	-
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง	50.0	68.56	53.0	51.94

2.3 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าวที่ศึกษา ได้แก่ ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

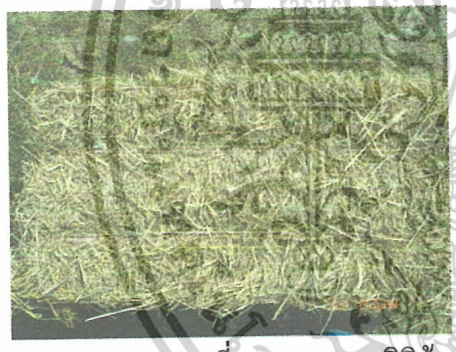
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว

ฟางข้าวที่ใช้ในการศึกษาถูกอัดเป็นฟ่อน มีมิติเฉลี่ยเป็น 35*49*90 เซนติเมตร น้ำหนักโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉลี่ย 12.35 กิโลกรัม (ดังตารางในภาคผนวก) ความชื้นมาตราฐานเปียก 8.96% ฟางแต่ละฟ่อนประกอบด้วยชั้นฟางประมาณ 6–10 ชั้น โดยมีความหนาประมาณ 10–17 เซนติเมตร เป็นชั้นภาคตัดขวาง ซึ่งจะแยกกันภายในก้อนฟางเมื่อปลดเชือกมัดและหมุนพลิกไป 90° เชือกที่ใช้มัดเป็นเชือกเกลียวโดยมัดเป็น 2 แถว

ภาพที่ 2.3 ฟ่อนฟางทั่วไปของเกษตรกร



ภาพที่ 2.4 และ 2.5 มิติด้านบนและด้านข้างของฟ่อนฟาง

2.3.2 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

ฟางที่ใช้ศึกษามีลักษณะเป็นฟางข้าวอัดฟ่อน สีเหลือง ลำต้นเล็ก มีมิติ (35*49*90 เซนติเมตร) น้ำหนักโดยเฉลี่ย 12.35 กิโลกรัม โดยการนำฟ่อนฟางมาวางบนผิวโลหะเรียบและค่อยๆ ยกแผ่นโลหะที่ปลายด้านหนึ่งให้เอียงทีละเล็กน้อย จนกระทั่งฟ่อนฟางเริ่มเคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็วค่อนข้างคงที่ วัดค่าความสูงและระยะฐานโดยใช้ลูกดิ่งช่วยในการวัด และคำนวณค่ามุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนพื้นผิวโลหะเรียบ

จากการทดลอง 5 ครั้ง (ดังตารางในภาคผนวก) ค่าเฉลี่ยมุมเสียดทานของฟ่อนฟางบนผิวโลหะเรียบมีค่าเท่ากับ 19.77° หรือมีค่าประมาณ 20° กับแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ความชื้นของฟางข้าว

<u>วิธีการทดลอง</u> :

นำฟางข้าวจำนวนหนึ่งมาหาค่าความชื้นโดยวิธีใช้ตู้อบ ด้วยการชั่งน้ำหนักฟางและภาชนะบรรจุที่แห้งก่อนอบ จากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 114 ชั่วโมง แล้วนำฟางในภาชนะบรรจุออกจากตู้อบใส่ลงในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นจึงนำมาชั่งน้ำหนักภายหลังการอบ ความชื้นมาตรฐานเปียกหรือความชื้นปกติ คำนวณได้จากสูตร

$$MC_w = 100\,(w - d)\,/\,w \qquad \text{.....(1)}$$

และความชื้นมาตรฐานแห้ง คำนวณได้จากสูตร

$$MC_d = 100\,(w - d)\,/\,d \qquad \text{.....(2)}$$

เมื่อ MC_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก , %

MC_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง , %

w คือ มวลของวัสดุ (ก่อนอบ) , g

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (หลังอบ) ,g

จากการทดลอง 5 ครั้ง (ดังตารางในภาคผนวก) ความชื้นมาตรฐานเปียกและความชื้นมาตรฐานแห้งของฟางข้าวมีค่าโดยเฉลี่ย 8.96 % และ 9.84% ตามลำดับ

2.4 การศึกษาใบมีดหั่นวัสดุเกษตร

จากการสำรวจการใช้เครื่องหั่นเศษต้นพืชลำต้นอ่อน พบว่า มีการใช้เครื่องจักรกลสำหรับหั่นต้นข้าวโพด หญ้าเลี้ยงสัตว์และฟาง อยู่ 4 แบบ ซึ่งหลักการทำงานจะคล้ายคลึงกัน คือ กลไกสำคัญจะประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบหั่นตัด และ ระบบป้อน ส่วนรูปแบบ ตลอดจนประสิทธิภาพของการทำงานของแต่ละแบบจะแตกต่างกันไป ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.4.1 ใบมีดชนิดจานกลม (flywheel type)

รูปร่างของหัวสับมีลักษณะเป็นจานกลม ใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมี โดยปกติจะมีใบมีด 4-6 ใบ ดังแสดงในภาพ 2.6 (ก) เส้นผ่านศูนย์กลางของใบสับประเภทนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่บางแบบที่เป็นประเภทใช้งานหนัก (heavy duty) อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับถึง 1.25 เมตรและมีใบมีดได้ 2,5,หรือ 10ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก (cylinder type)

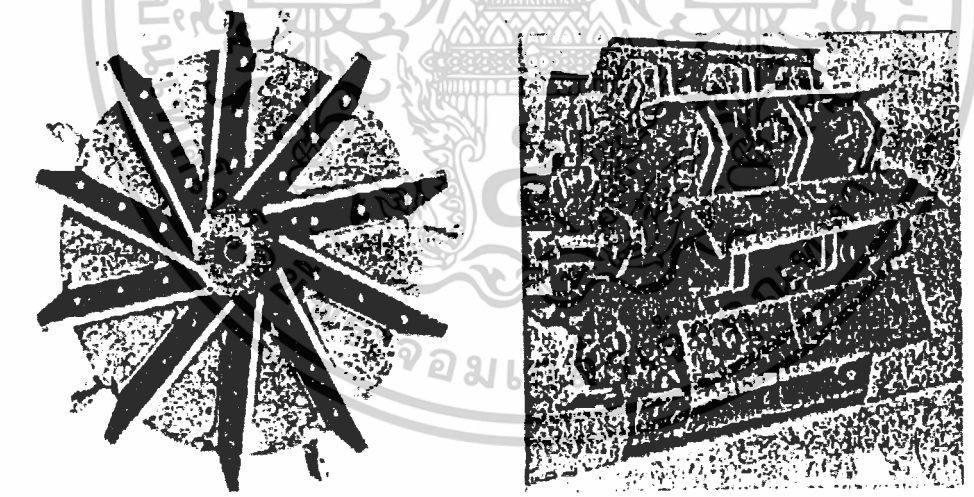
รูปร่างของใบสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกดังแสดงในภาพ 2.6 (ข) โดยปกติจะมีใบมีด 6 ใบ และเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 38-46 เซนติเมตร (15-18 นิ้ว) หรือหากมีใบมีด 9 ใบ จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 61 เซนติเมตร (24 นิ้ว) หัวสับชนิดทรงกระบอกที่ทำงานในลักษณะสับและเหวี่ยง (direct throw) ต้องการความเร็วประมาณ 1000 รอบ/นาที

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรขนาดใหญ่ได้ (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

ข้อเสีย

เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยจะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุนลักษณะหัวสับ (cutter head) โดยทั่วไปเป็นดังนี้การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างของใบมีดจะทำให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิดที่ต้องใช้ ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆกันเพื่อให้เกิดความสมดุลของใบสับ



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.6 ใบสับ (cutter head) (ก) หัวสับชนิดจานกลม (flywheel type),
(ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก (cylinder type)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ชุดใบมีดหั่นวัสดุเมื่อหมุน (Rotating Beater)

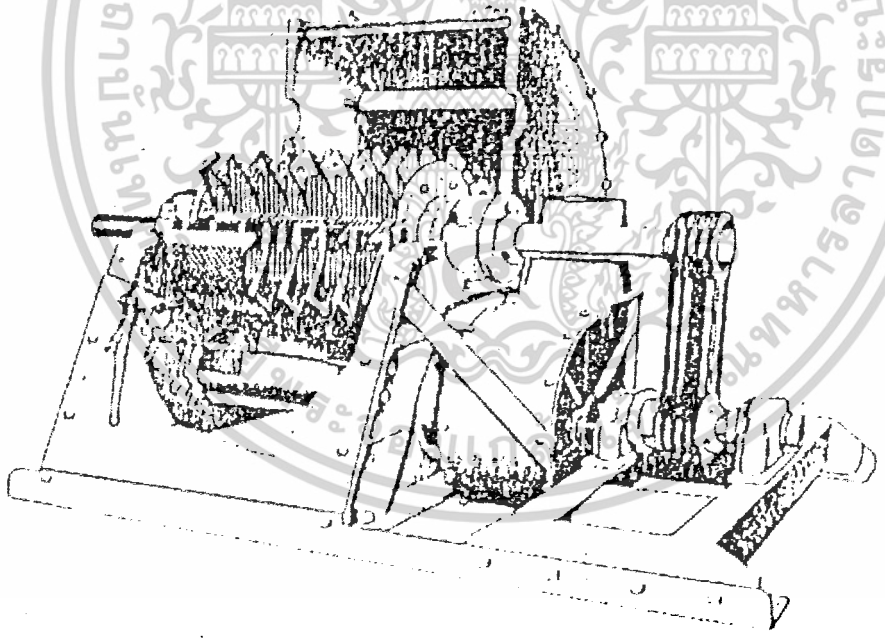
เป็นชุดของค้อน (series of Hammers) ที่หมุนด้วยความเร็วรอบ 1500-4000 rpm ทำการหั่นและคลุกเคล้าผลผลิตจนกว่าจะได้ขนาดที่เล็กลงตามต้องการแล้วลอดผ่านตะแกรงลงสู่ส่วนล่างของตัวเครื่อง ตัวใบมีด Hammer Mill จะยึดติดกับแกนเพลา โดยระหว่างการหมุนของตัวใบมีดอาจเกิดความเสียหายได้ เนื่องจากวัตถุโลหะขนาดใหญ่หลุดเข้าไปในระหว่างการบด แต่ก็เกิดอันตรายเพียงเล็กน้อย ขอบของใบมีด Hammer Mill จะใช้สำหรับหั่นโดยออกแบบได้หลายแบบมาก ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าแบบใดดีที่สุด ใบมีด Hammer Mill จะสามารถกลับด้านมาใช้งานได้ ดังนั้น 1ใบมีดสามารถใช้งานได้ทั้ง 4 ขอบ (Courtesy W-W Grinder Corp.)

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ความเสียหายเมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในเครื่องไม่มาก ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก เนื่องจากใบมีดที่หมุนจะมีลักษณะคล้ายพัดลมคอยเป่าลม

ข้อเสีย

ผลผลิตที่ได้มีขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ ต้องการกำลังขับสูง เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยยาว จะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน



ภาพที่ 2.7 แฮมเมอร์มิล (Open view of Hammer Mill)

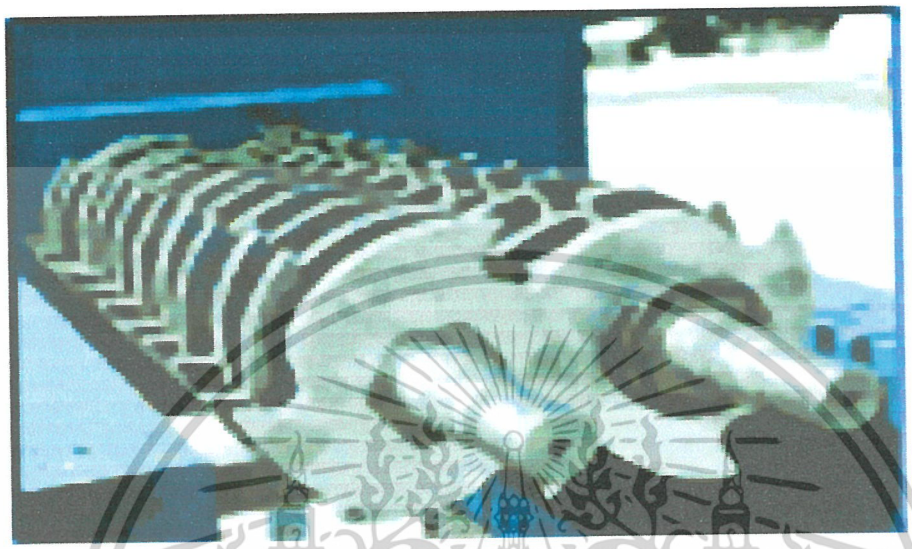
2.4.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน

การออกแบบใบมีดเครื่องย่อยวัสดุของ บริษัท Shredding Systems ประเทศ แคนาดา (http://www.shred-tech.com/index.html) เป็นเครื่องย่อยที่ใบมีลักษณะเป็นวงสองวงขบกัน โดยใบมีดจะร้อยเป็นชุดใบมีดอยู่บนเพลาเดียวกัน แบ่งเป็นชุดใบมีด 2 ชุด ดังภาพที่ 2.8 ขณะใช้งานชุดมีดทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยใช้กำลังขับมอเตอร์ 30HP จำนวนสองตัวขับแยกกันขับเคลื่อนที่ชุดทั้งสองชุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีด 625 mm และความยาวของชุดใบมีด 1270 mm สามารถย่อยวัสดุได้หลายชนิด ซึ่งได้แก่ ไม้ กระดาษ ยางรถยนต์เป็นต้น โดยความเร็วที่ใช้คือ 110-120 รอบ/นาที

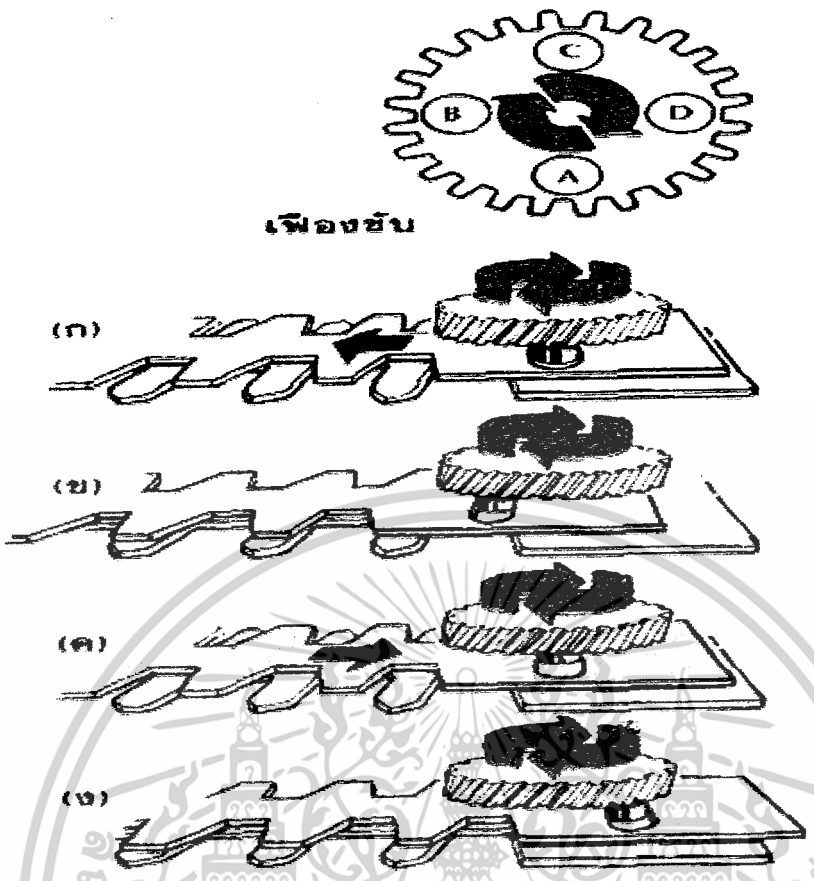


ภาพที่ 2.8 ชุดใบมีดเครื่องย่อย

2.4.5 เครื่องตัดแต่งต้นไม้ไฟฟ้า

เครื่องตัดแต่งต้นไม้ไฟฟ้า แหล่งกำเนิดกำลังของเครื่องนี้คือมอเตอร์ไฟฟ้ารอบสูงซึ่งหมุนด้วยความเร็ว 18,000 รอบต่อวินาที กำลังงานซึ่งเกิดจากความเร็วสูงนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นกำลังชักกลับไปกลับมาที่ช้าลงแต่แรงขึ้น โดยเฟืองต่าง ๆ เครื่องตัดแต่งต้นไม้ในภาพมีใบมีดซี่ 2 ใบ ใบหนึ่งติดแน่น ส่วนอีกใบหนึ่งเป็นใบที่คมมากและเลื่อนไปมาได้ สามารถตัดได้ถึง 3,600 ครั้งในหนึ่งนาที ขณะที่มอเตอร์หมุนเฟืองตัวเล็กตรงปลายของแกนขับจะทำให้เฟืองขับหมุนไปด้วย เนื่องจากการหมุนของเฟืองขับ 1 รอบจะทำให้เฟืองตัวเล็กหมุนถึง 2 รอบ ดังนั้น ความเร็วของมอเตอร์จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงาน ด้านล่างของเฟืองขับมีสลักเยื้องศูนย์ประสานกับช่องของใบมีดที่เลื่อนไปมาได้ แต่ละครั้งเฟืองขับหมุนก็จะทำให้ใบมีดทำการตัดหนึ่งครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
103079



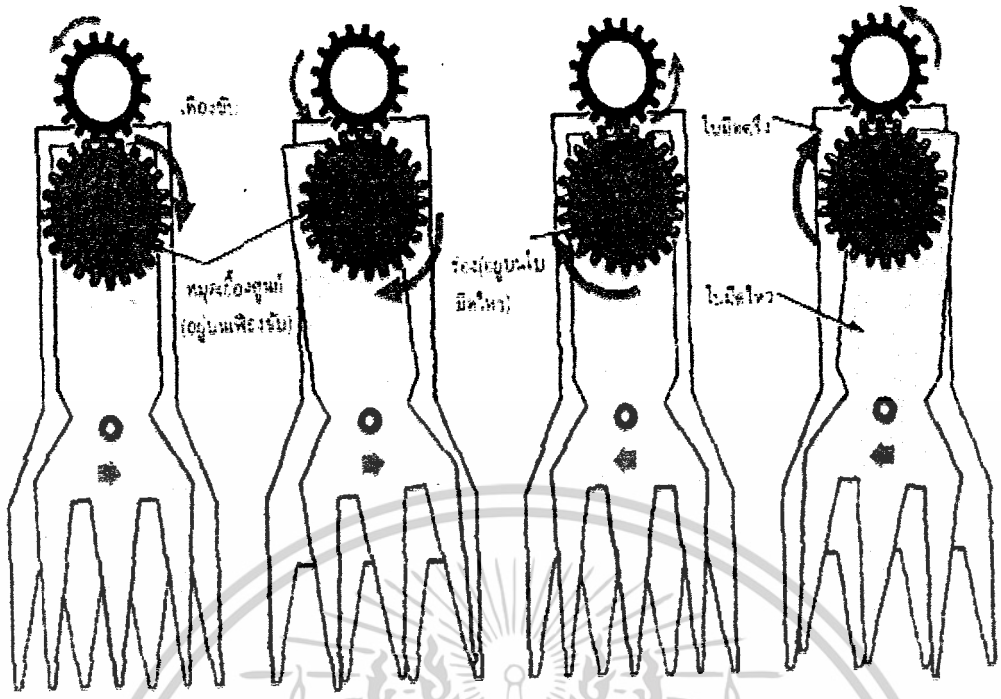
ภาพที่ 2.9 ใบมีดเครื่องตัดแต่งต้นไม้ไฟฟ้า

จากภาพ 2.9 เมื่อสลักเยื้องศูนย์หมุนผ่านตำแหน่ง (ก) ใบมีดที่เลื่อนไปข้างหน้าหนึ่งครั้ง เมื่อสลักเยื้องศูนย์อยู่ที่ตำแหน่ง (ข) ใบมีดทั้งสองใบจะประกบกันในขณะที่สลักเยื้องศูนย์หมุนผ่านตำแหน่ง (ค) ใบมีดใบที่เลื่อนได้จะเลื่อนไปข้างหลังและเมื่อสลักเยื้องศูนย์อยู่ที่ตำแหน่ง (ง) ใบมีดทั้งสองก็จะประกบกันอีก เป็นการสิ้นสุดวงจรการตัดหนึ่งครั้ง

2.4.6 เครื่องตัดหญ้าไฟฟ้า

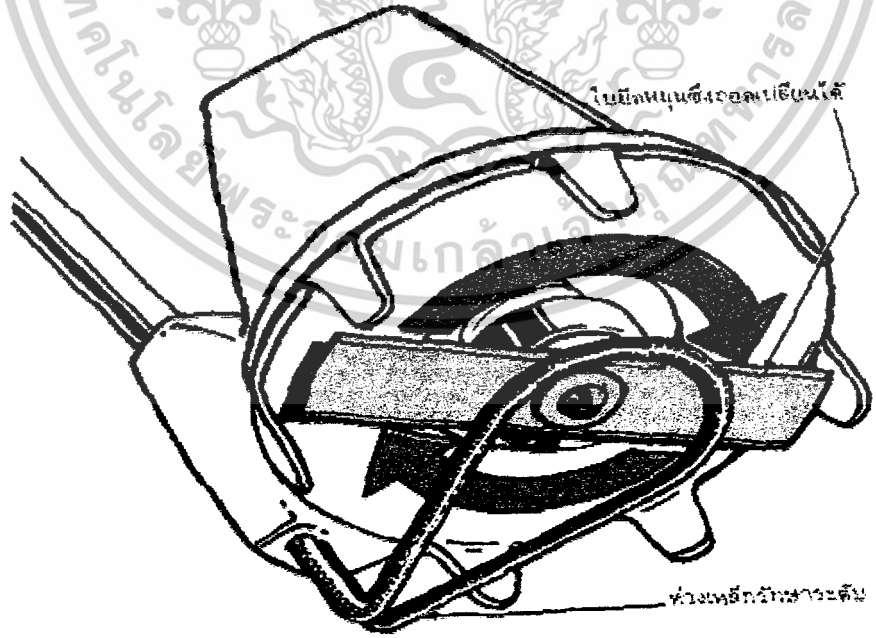
เป็นเครื่องตัดหญ้าแบบที่มีมีดหมุนอยู่ใต้ท้องเครื่อง ส่วน รูปที่ 1 (ข) เป็นเครื่องตัดหญ้าแบบที่มีใบมีดหลาย ๆ ใบ คล้ายส้อมยื่นออกมาด้านหน้า ทั้งสองแบบนี้ใช้เบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟหมุนมอเตอร์ แบตเตอรีที่ใช้สามารถอัดประจุใหม่ได้ด้วยไฟบ้าน เพียงเสียบไฟทิ้งไว้ชั่วคืนมันก็พร้อมที่จะรับใช้เราในตอนเช้าได้ ซึ่งจะใช้นานประมาณ 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 ใบมีดเครื่องตัดหญ้า

ภาพที่ 2.10 แสดงการทำงานของใบมีดเฉือน ซึ่งประกอบด้วยใบมีด 2 ชุด คือใบมีดไหวและใบมีดตรึง ส่วนด้ามของใบมีดไหวจะมีร่องอยู่ ส่วนบนเฟืองขับจะมีหมุดเยื้องศูนย์ซึ่งจะฝังอยู่ในร่องดังกล่าว เมื่อเฟืองขับหมุนจึงพาให้ใบมีดไหวหมุนโยกไปมาด้วยอัตรา 6000 ครั้งต่อนาที



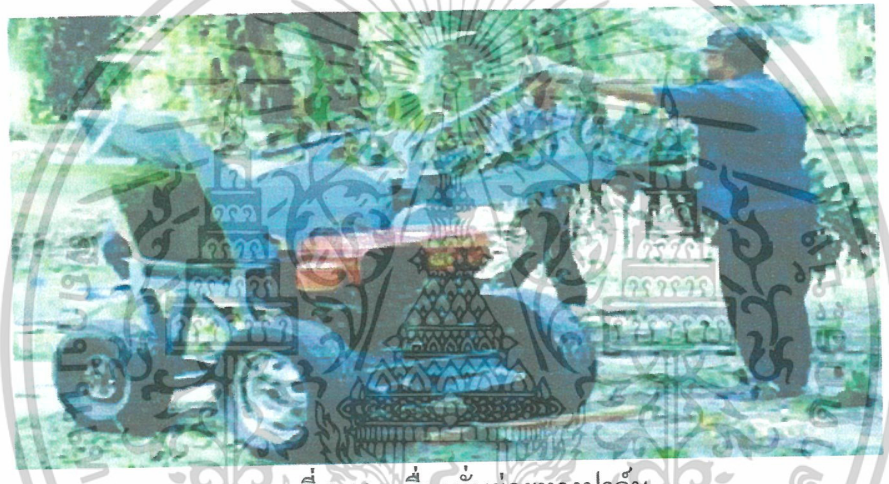
ภาพที่ 2.11 ใบมีดหมุนหรือโรตารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.11 เป็นเครื่องตัดหญ้าแบบใบมีดหมุนหรือโรตารี จะมีใบมีดคมกริบทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมเพียงใบเดียวซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้โดยไม่ยากนัก ใบมีดนี้จะถูกมอเตอร์ฉุดให้หมุนด้วยอัตราเร็วประมาณ 8,000 รอบต่อนาที ที่ใต้เครื่องตัดถัดจากใบมีดลงไป จะมีห่วงเล็กทำหน้าที่ควบคุมระดับความสูงของเครื่องตัดหญ้าให้พอเหมาะตลอดเวลา

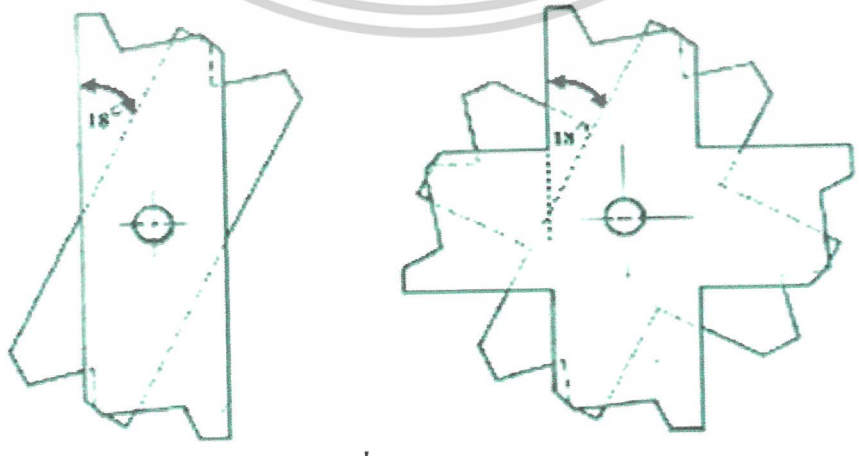
2.4.7 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

สามารถหั่นทางปาล์มได้ทุกขนาด โดยใช้เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้า เป็นต้นกำลัง มีอัตราการทำงานประมาณ 1,500 - 2,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 1.5 ลิตรต่อชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับขนาดและลักษณะสภาพของทางปการวิจัยและพัฒนา



ภาพที่ 2.12 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

ชุดใบมีดตัด มีการเพิ่มจำนวนใบมีดตัดจาก 2 ใบ เป็น 4 ใบ ซึ่งจะเพิ่มจำนวนการหั่นตัดต่อ 1 รอบหมุนของชุดใบมีดตัด เพื่อให้ได้เศษวัสดุขนาดเล็กและสั้นลง



ภาพที่ 2.13 ชุดใบมีดตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการทำงาน 1,309.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความเร็วรอบชุดใบมีดตัดระหว่างไม่มีภาระงานกับมีภาระงานจะอยู่ที่ 800/755 รอบต่อนาที โดยใช้ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 2,240 รอบต่อนาที ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ 1.309 ลิตรต่อชั่วโมง ลักษณะชุดใบมีดตัดเป็นแบบเปิด 4 ใบมีด ทำจากเหล็กกล้าคุณภาพสูง โดยมีความยาวแนวคมใบมีด 460 มม. มุมคม 30 องศา ยึดติดกับแผ่นเหล็กลักษณะที่ไขว้ทำมุมกัน 18 องศา ใบมีดสามารถปรับตำแหน่งเมื่อโครงชุดใบมีดหมุนจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. เพลาใบมีดตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50.8 มม น้ำหนักไม่รวมพูลเลย์และลูกปืนรองลื่นประมาณ 110 กิโลกรัม

2.4.8 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก ตีขุยมะพร้าว

การออกแบบเครื่องย่อย ปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว ของ บริษัท ทูอี แอนด์ อีควิปเม้นท์ จำกัด เป็นเครื่องย่อยที่มีลักษณะการทำงานเป็น Hammer Mills ที่ด้านบนของตัวเครื่องและChipper ที่ด้านข้างของตัวเครื่อง ซึ่งหลักการทำงาน Chipper คล้ายเครื่องย่อยประเภท หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) แต่มีความต่างกันคือแบบ Chipper จะมีใบมีดเพียงหนึ่งหรือสองใบแล้วแต่การออกแบบ โดยความสามารถของเครื่องย่อย คือ สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรตั้งแต่หญ้าขน จนถึงไม้โตสุด 4 นิ้ว นอกจากนี้ยังสามารถย่อยตีขุยมะพร้าวได้และแยกเส้นใยมะพร้าวออกจากกันในเครื่องเดียวกัน ขนาดชิ้นงานสามารถปรับขนาดได้โดยการเปลี่ยนตะแกรงที่ชุด Hammer Mills ความสามารถในการย่อย 300-400 kg/hr

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว สามารถใช้งานได้หลายประเภทในเครื่องเดียวกัน

ข้อเสีย

เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใย จะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน ไม่เหมาะกับพืชน้ำหรือฉ่ำน้ำ ไม่เหมาะกับการย่อยกิ่งไม้ทั้งกิ่งที่มีใบติดอยู่

ภาพที่ 2.14 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

2.5.1 อัตราทด (Velocity ratio) m_ω

ใช้ในการออกแบบชุดถ่ายทอดกำลัง คืออัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ "1" และ "2" แทนเฟืองขับและเฟืองตาม ตามลำดับ จากความรู้ทางด้านกลศาสตร์จะได้ว่า

$$m_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{.....(3)}$$

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s

n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm หรือ in

N = จำนวนฟัน

2.5.2 การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับ (Capacity of cut)

สมรรถนะการสับ (กิโลกรัม/ชั่วโมง) = $\frac{\text{ปริมาณฟางที่สับได้ (กรัม) x 60}}{\text{1000 x เวลา(นาที)}}$ .....(4)

2.5.3 ความต้องการกำลัง (Power requirement)

ความต้องการกำลัง(วัตต์) = $\frac{2\P \text{ x T (นิวตัน-เมตร) x N (รอบ/นาที)}}{60}$ .....(5)

2.5.4 การคำนวณความชื้นของวัสดุ (MOISTURE CONTENT WET BASUS - %)

MC(% w.b.) = $\frac{\text{Wt of wet material – Wt of dry materal x 100}}{\text{Wt of wet material}}$ .....(6)

2.5.5 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน

SH – i x D – i = SH –L x D – L

อัตราทด (ratio) = SH – i / SH – L หรือ

= D – L / D – i .....(7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

SH – i	=	ความเร็วรอบของล้อสายพานขับ, รอบ/นาที
D – i	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของสายพานขับ , มิลลิเมตร หรือ นิ้ว
SH – L	=	ความเร็วรอบของล้อสายพานตาม, รอบ/นาที
D – L	=	เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม, มิลลิเมตร หรือนิ้ว

2.5.6 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด

เปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด (%) = $\frac{\text{น้ำหนักของฟางที่ไม่ถูกเก็บ(กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักของฟางทั้งหมด(กิโลกรัม)}} \times 100$ .....(8)

(Percent loss)

2.5.7 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ (Material Capacity)

สมรรถนะเชิงวัสดุ(กก./ชม.) = $\frac{\text{น้ำหนักของฟางที่สับได้(กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้(ชม.)}}$ .....(9)

2.5.8 การออกแบบเพลาตัน

ใช้ทฤษฎีการออกแบบเพลาตันตามโค้ดของ ASME วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาหมุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิตยศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

ความเค้นดึงหรือกด $\sigma_a = \frac{4F}{\pi\left(d^2\right)}$ .....(10)

ความเค้นดัด $\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi\left(d^4\right)}$ .....(11)

ความเค้นเฉือน $\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi\left(d^4\right)}$ .....(12)

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ $\sigma = \sigma_a + \sigma_b$ ..... (13)

(ในกรณีนี้ไม่มีแรงกระทำในแนวแกน ดังนั้น $\sigma_a = 0$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau^{2}_{xy} + \left[\frac{\sigma}{2}\right]^{2}\right]^{1/2} \quad \text{.....(14)}$$

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

แทนค่าสมการที่ (1), (2), (3) และ (4) ลงในสมการที่ (5) แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{1/2} \quad \text{.....(15)}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ 6

2.5.9 การคำนวณหาความเร็วรอบ

ความเร็วรอบล้อขับ X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ = ความเร็วรอบล้อตาม X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม

อัตราทด (I) $= \dfrac{\text{ความเร็วรอบล้อขับ}}{\text{ความเร็วรอบล้อตาม}} = \dfrac{n_1}{n_2}$ .....(16.1)

หรืออัตราทด (I) $= \dfrac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ}} = \dfrac{d_2}{d_1}$ .....(16.2)

2.5.10 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน

การเลือกขนาดของสายพานในทางปฏิบัตินั้นมักจะเลือกจากกำลังงานที่แก้ไข (corrected power) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P = W_p \times N_s \times \frac{1}{N_a} \quad \text{.....(17)}$$

โดยที่

P = กำลังงานที่แก้ไข

$W_{p=}$ กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางที่ 9

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ 11 จากนั้นจึงคำนวณหาความกว้างของสายพานได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b = \frac{25P}{P_0} \quad \text{.....(18)}$$

โดยที่

P_0 = กำลังงานที่สายพานกว้าง 25 mm ส่งได้ หาค่าได้จากตารางที่ 8

b = ความกว้างสายพาน

การคำนวณหามุมสัมผัส α และความยาวของสายพาน L ในแต่ละกรณีทำได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

สำหรับการขับแบบ open drive

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \quad \text{.....(19)}$$

$$\alpha_2 = \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \quad \text{.....(20)}$$

$$L = \left(4C^2 - (D-d)^2\right)^{1/2} + \frac{1}{2}\left(D\alpha_1 + d\alpha_2\right) \quad \text{.....(21)}$$

โดยที่

α = มุมสัมผัส (angle of contact) เป็น rad

L = ความยาวของสายพาน

C = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อขับ

2.5.11 การหา Power requirement

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสแอมแปร์ ขณะที่ใบมีดตัดก้อนฟางเพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่ากำลังที่ใบมีดทั้งหมดต้องการ

$$P = IECOS\theta \quad \text{.....(22)}$$

เมื่อ I = กระแส (A)

E = แรงคลื่น (Volt) (220 v)

P = กำลัง (w)

Factor power motor 0.86 หรือ 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

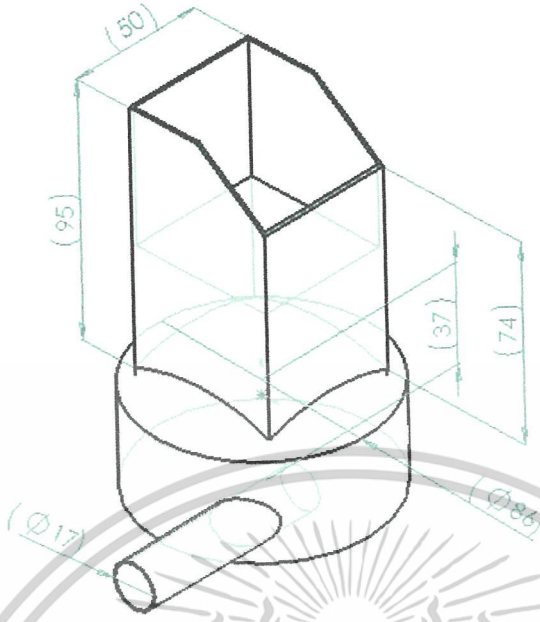
ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแบบใหม่เพื่อขจัดปัญหาการหั่นฟางของเครื่องหั่นแบบเดิมคือเกษตรกรต้องทำการแยกฟางออกแล้วจึงค่อยทำการป่อน ซึ่งทำให้การทำงานเกิดความล่าช้าและสิ้นเปลืองแรงงาน ซึ่งส่วนประกอบของเครื่องที่ทำการออกแบบและสร้าง มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง

มีลักษณะเป็นถังโลหะสี่เหลี่ยมโดยออกแบบให้สามารถบรรจุฟ่อนฟางที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือมีลักษณะเป็นลูกบาศก์สี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 50 ซม. ยาว 55 ซม. สูง 95 ซม. ปากถังอยู่ที่ส่วนบนหันออกมาทางด้านข้างเพื่อความสะดวกในการใส่ฟ่อนฟางให้มีทิศตั้งฉากกับการวางตัวของใบมีด ที่ส่วนล่างเป็นถังกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 86 ซม. สูง 37 ซม. ด้านหน้าของถังมีปล่องลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 17 ซม. เพื่อใช้เป็นช่องทางออกของฟางที่หั่นแล้ว ซึ่งปล่องลมนี้จะสามารถใช้สายยางสวมใส่ได้ ทำให้การพ่นไปเก็บในพื้นที่ทำได้ง่ายขึ้นและยังทำให้ฟางที่หั่นแล้วไม่ฟุ้งกระจายจากการเป่าด้วยลมได้อีกด้วย ถังบรรจุฟ่อนฟางนี้จะออกแบบให้สามารถเปิดปิดได้ทำให้การดูแลรักษาทำได้สะดวก

ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง

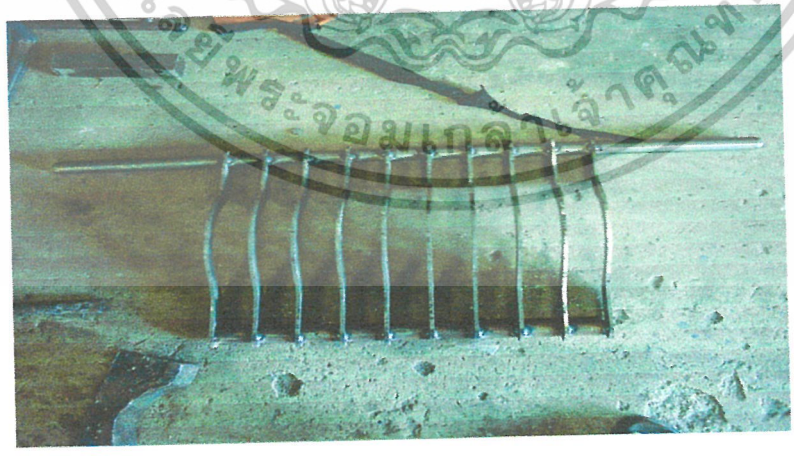
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงแบบถังบรรจุฟ่อนฟาง

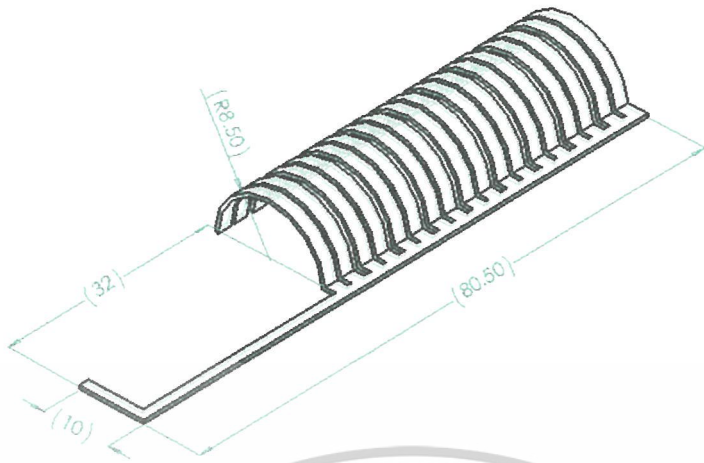
3.2 ตะแกรงป้องกันการกระแทก

เป็นตะแกรงโลหะที่มีขนาดความยาว 50 ซม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดใบมีดเป็นรูปทรงครึ่งวงกลมที่มีรัศมี 8.50 ซม. เท่ากับเพลาของใบมีด ติดตั้งอยู่เหนือชุดใบมีดทำหน้าที่ป้องกันการกระแทกที่เกิดกับชุดใบมีดอันเนื่องมาจากการบรรจุฟ่อนฟาง ตะแกรงจะมีช่องวางที่ตำแหน่งของใบมีดเพื่อให้ใบมีดโผล่พ้นออกมาหั่นฟ่อนฟางได้



ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก

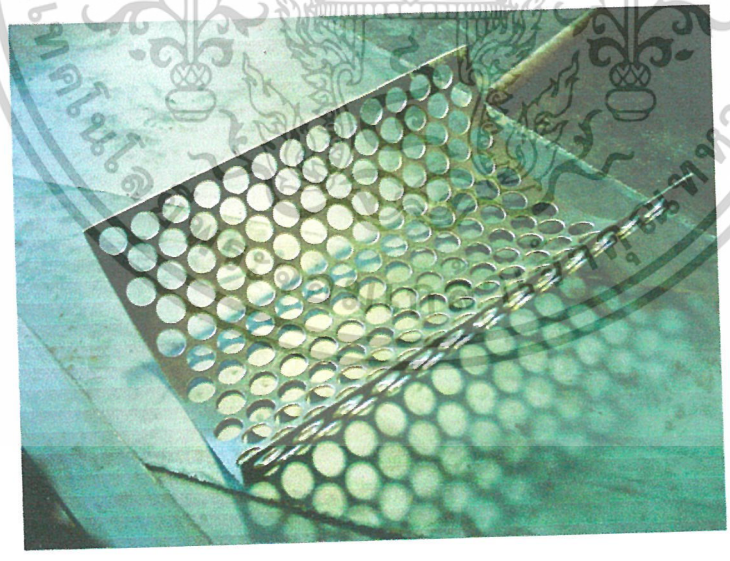
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงแบบตะแกรงป้องกันการกระแทก

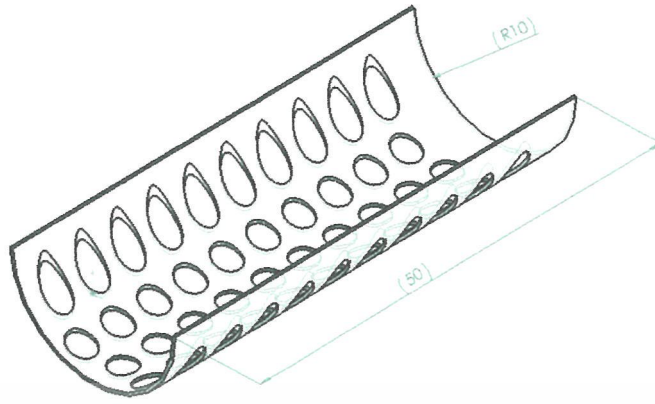
3.3 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง

เป็นตะแกรงโลหะที่มีความยาว 50 ซม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดใบมีดเป็นรูปทรงครึ่งวงกลม ติดตั้งอยู่ใต้ชุดใบมีดเพื่อรองรับเส้นฟางที่ตกลงมา ทำการเจาะรูที่ตะแกรงให้มีขนาด 5 ซม. ตามความยาวของเส้นฟางที่ต้องการ ถ้าเส้นฟางที่ตกลงมามีความยาวมากกว่าขนาดของรูตะแกรง เส้นฟางจะไม่สามารถผ่านไปได้



ภาพที่ 3.5 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง

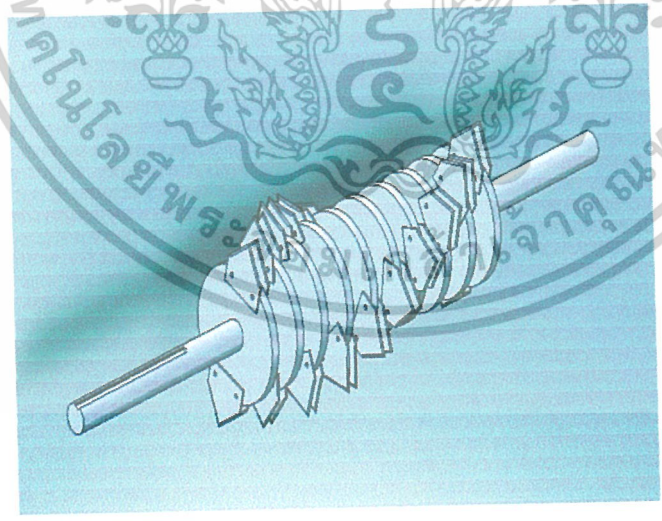
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 แสดงแบบตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง

3.4 ชุดใบมีด

เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะเป็นรูปตัว s ส่วนปลายจะมีลักษณะเป็นรูปส่วนโค้งและทำให้มีคมตัดด้วยการเจียระไนในส่วนปลาย มีจำนวนใบมีดทั้งหมด 9 ใบมีด เพื่อกำหนดให้ความยาวของฟางที่หั่นในขั้นแรกมีความยาว 5 เซนติเมตร เจาะรูเพื่อยึดน็อตติดตั้งเข้ากับหน้าแปลนใบมีด โดยทำการเจาะรูแรกของทุกๆใบให้ห่างเอียงกัน40องศา เพื่อให้เกิดการกินงานแบบเกลียว และเจาะรูตรงกลางเพื่อใช้สำหรับติดตั้งเข้ากับเพลาเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซ.ม. โดยติดตั้งให้ใบมีดโผล่พ้นช่องวางของตะแกรงป้องกันการกระแทก เพื่อให้ใบมีดทำการหั่นฟ่อนฟางได้



ภาพที่ 3.7 ชุดใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ชุดหน้าแปลนใบมีด

มีลักษณะเป็นหน้าแปลนเจาะรูเพื่อติดตั้งใบมีดประกบทั้งสองด้านและมีรูตรงกลางไว้สำหรับติดตั้งกับเพลาเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซ.ม. โดยมีความยาวตลอดชุดใบมีด 50 ซม. ติดตั้งอยู่บนเพลาหมุนที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องต้นกำลัง หน้าแปลนที่ใช้เป็นโลหะตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. หนา 2 ซม.

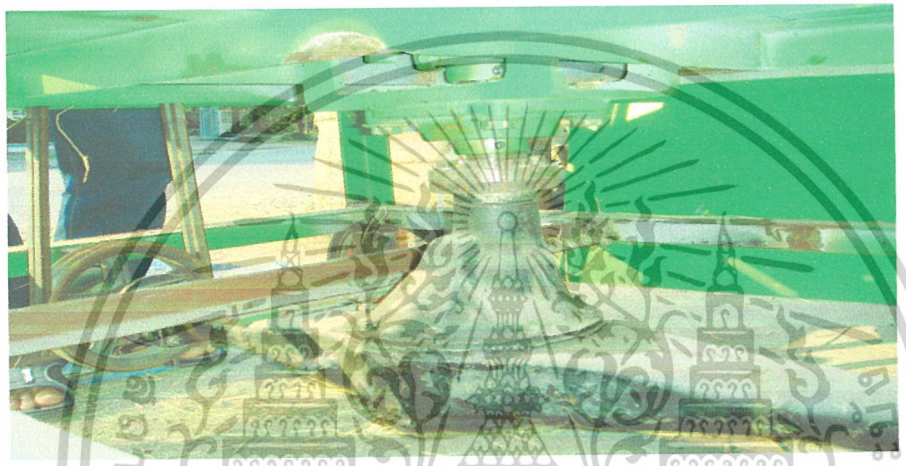
ภาพที่ 3.8 ชุดหน้าแปลนใบมีด

ภาพที่ 3.9 แสดงแบบชุดหน้าแปลนใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

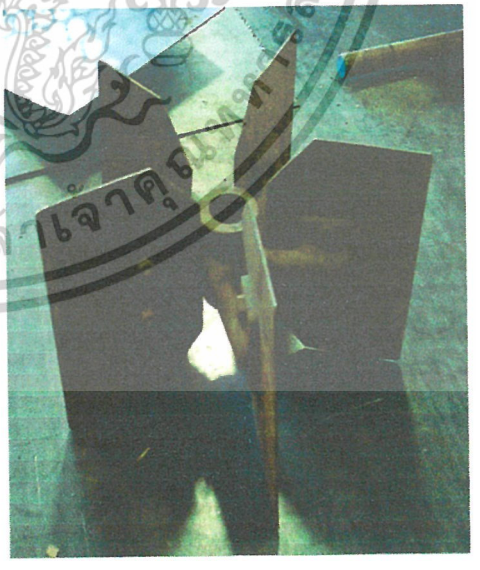
3.6 ชุดส่งกำลังและใบพัด

ประกอบด้วย ต้นกำลัง เพลาสำหรับติดตั้งชุดใบมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. ยาว 90 ซม. เฟืองตรง เฟืองดอกจอกและใบพัด ทั้งนี้ต้นกำลังจะสามารถเปลี่ยนเป็น เครื่องยนต์หรือใช้กำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ก็ได้ การออกแบบต้องคำนึงถึงอัตราการถ่ายทอดกำลังไปยังชุดใบมีดทำให้ใบมีดสามารถตัดผ่านฟ่อนฟางไปได้ อัตราการทดรอบไปยังใบพัดเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้เพื่อการเป่าฟางที่หั่นแล้ว และความเหมาะสมระหว่างการใช้ต้นกำลังกับอัตราการผลิตที่ต้องการ



ภาพที่ 3.10 ชุดส่งกำลัง

ภาพที่ 3.11 ชุดส่งกำลังสายพาน

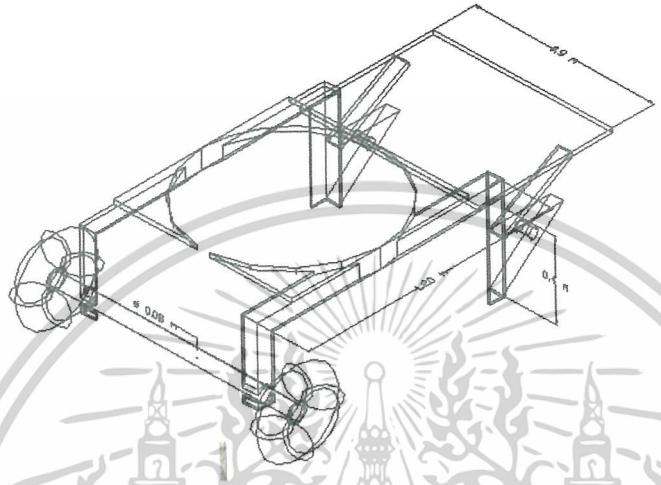


ภาพที่ 3.12 ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โครงเหล็ก

ใช้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง โดยมีการติดตั้งล้อและจุดยึดเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และยังมีฐานเพื่อการติดตั้งเครื่องต้นกำลังที่ส่วนท้ายของโครงด้วยโครงเหล็กนี้มีขนาดความกว้าง 0.9 ม. ความยาว 1.20 ม. ความสูง 0.4 ม. ฐานเพื่อการติดตั้งเครื่องต้นกำลังมีขนาดความกว้าง 0.9 ม. ความยาว 0.65 ม. และเพลาที่ใช้ในการติดตั้งล้อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ซม.



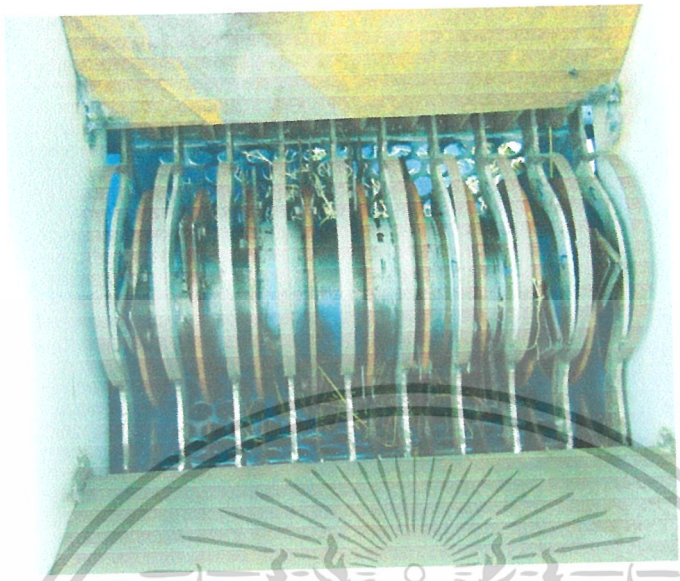
ภาพที่ 3.13 แสดงแบบโครงเครื่องหั่นย่อยฟาง

3.8 เหล็กรองรับการตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าว

มีลักษณะเป็นเหล็กแผ่นขนาดกว้าง 6 mm ยาว 564 mm หนา 6 mm โดยจะมีช่องว่างกว้าง 6 mm จำนวน 9 ช่องเท่ากับใบมีด ทำการกัดร่องให้มีความลึก 5 mm โดยจะสลับกับช่องแบ่งขนาดซึ่งจะกว้าง 564 mm จำนวน 10 ช่อง มีหน้าที่เป็นตัวรองรับและตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าวให้ขาดออกจากกัน เหล็กรองรับการตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าวจะมีอยู่ 2 ชิ้น คือ ชิ้นที่อยู่ฝั่งด้านซ้าย และชิ้นที่อยู่ฝั่งด้านขวา

ภาพที่ 3.14 เหล็กรองรับการตัดเฉือนฟ่อนฟางข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.15 ภาพด้านบนชุดใบมีดตัดของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน
ซึ่งประกอบด้วย ชุดใบมีด ตะแกรงกันกระแทก และชุดหน้าแปลนใบมีด

ภาพที่ 3.16 ภาพด้านข้างชุดตัดของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.17 เครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนด้านหน้า

3.9 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่

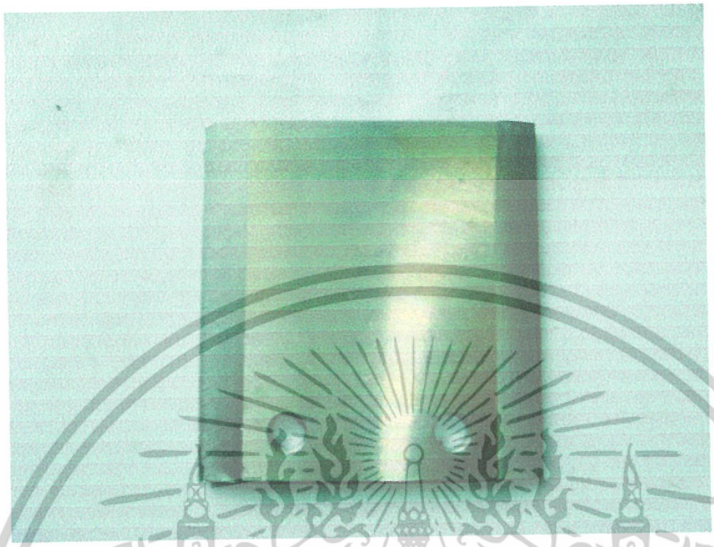
ได้ทำการศึกษาและทดสอบจากเครื่องทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของใบมีดแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องทดสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สำหรับติดตั้งชุดใบมีด มอเตอร์ 2 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบ/นาที และความเร็วรอบของใบมีด 322 รอบ/นาที โดยที่อัตราทดของมอเตอร์กับชุดพูลเลย์อยู่ที่ 4.65:1 (อัตราทดจากมอเตอร์ต้นกำลังไปยังเพลาขับใบมีด)

ภาพที่ 3.18 เครื่องทดสอบ

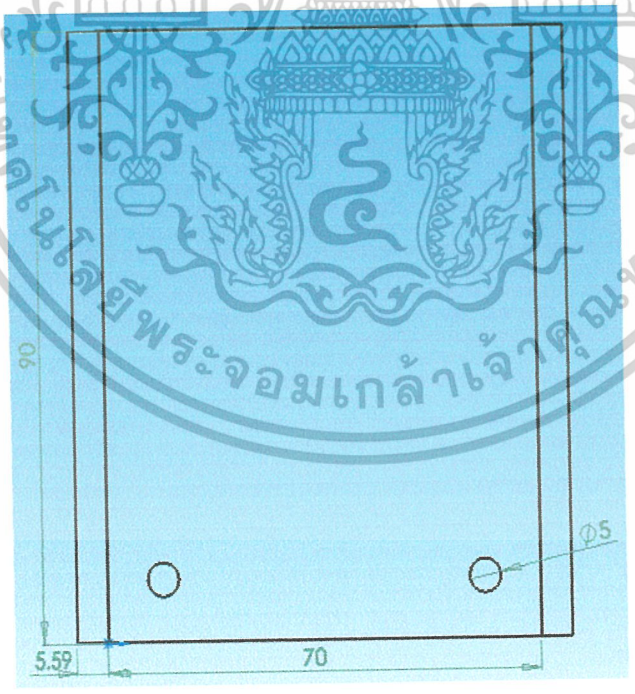
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.1 ชุดใบมีดที่ 1

เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมพื้นผ้า มีความกว้าง 7 เซนติเมตร ความยาว 9 เซนติเมตร ความหนา 0.5 เซนติเมตร โดยที่คมใบมีดทั้ง 2 ด้าน มีลักษณะเป็นคมเรียบ



ภาพที่ 3.19 ใบมีดชุดที่ 1



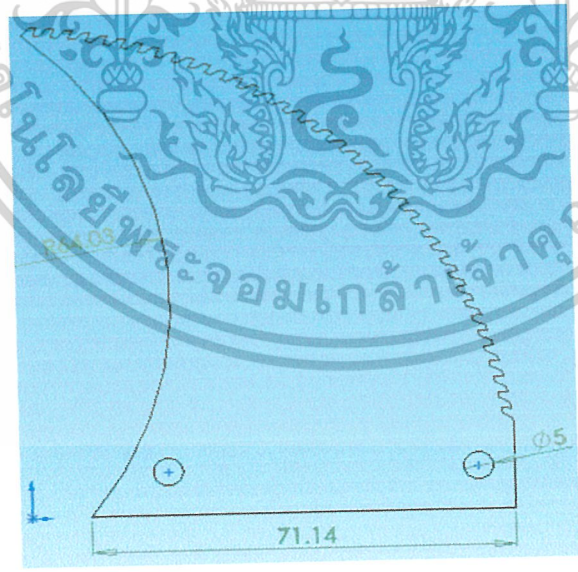
ภาพที่ 3.20 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.2 ชุดใบมีดที่ 2

เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะโค้งปลายเรียว มีความกว้าง 7 เซนติเมตร ความยาว 9 เซนติเมตร ความหนา 0.5 เซนติเมตร และมีรัศมีความโค้งของคมมีด 85 องศา โดยคมมีดมีลักษณะเป็นซี่ๆ

ภาพที่ 3.21 ใบมีดชุดที่ 2

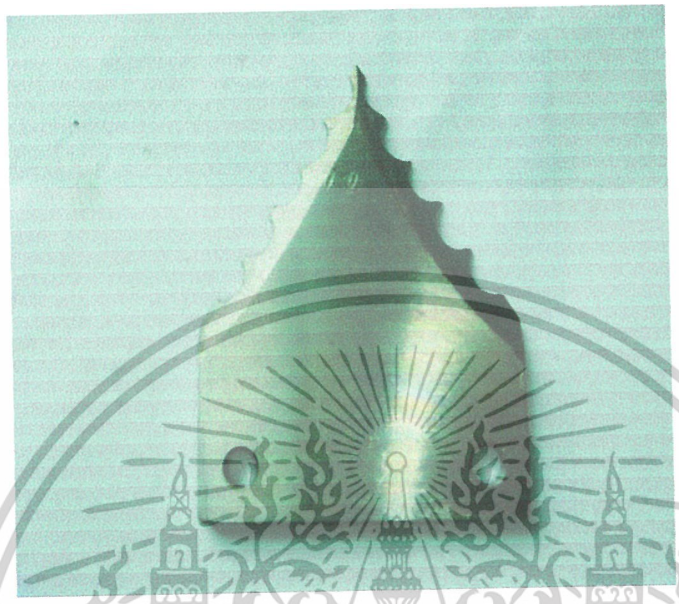


ภาพที่ 3.22 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 2

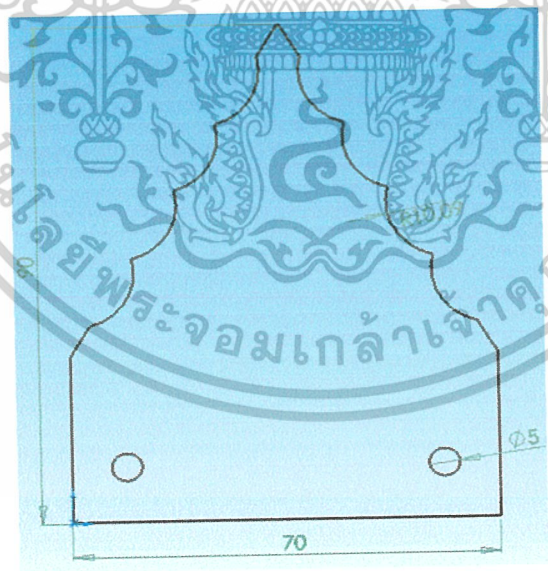
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.3 ชุดใบมีดที่ 3

เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่ว มีความกว้าง 7 เซนติเมตร ความยาว 9 เซนติเมตร ความหนา 0.5 เซนติเมตร โดยที่ใบมีดทั้ง 2 ด้าน จะมีคมลักษณะเป็นคลื่น



ภาพที่ 3.23 ใบมีดชุดที่ 3

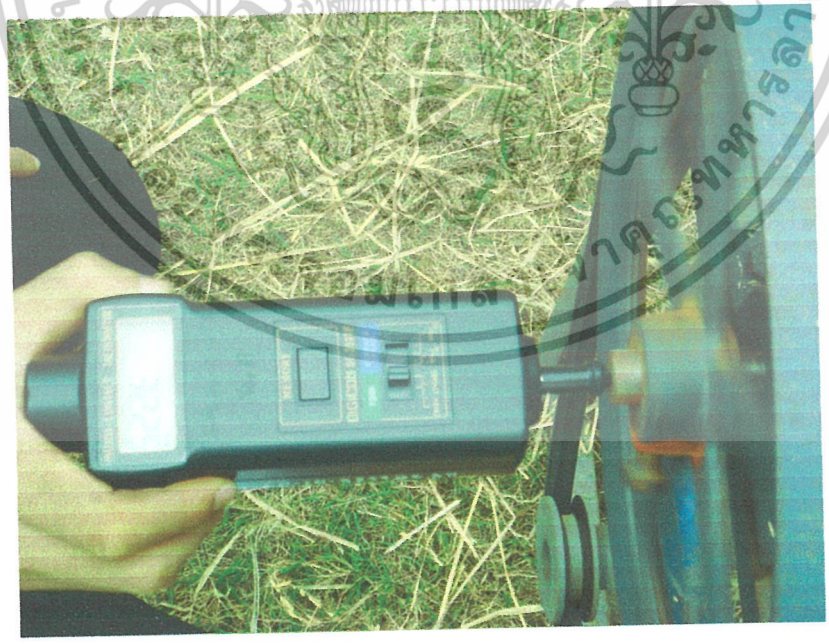


ภาพที่ 3.24 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 การทดสอบหาประสิทธิ์ภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ

ภาพที่ 3.25 การทดสอบหาประสิทธิ์ภาพของใบมีด



ภาพที่ 3.26 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดแต่ละชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.27 การทดสอบหาแรงเคลื่อนของใบมีด

3.11 ผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของใบมีดแต่ละชุด

ใบมีด	จำนวนครั้งที่ทดสอบ / แรงเคลื่อนไฟฟ้า (A)					เฉลี่ย แรงเคลื่อนไฟฟ้า (A)
	1/A	2/A	3/A	4/A	5/A	
ชุดที่ 1	2.6	2.6	2.6	2.7	2.6	2.62
ชุดที่ 2	2.6	2.6	2.5	2.5	2.6	2.56
ชุดที่ 3	2.5	2.5	2.6	2.6	2.5	2.54

*แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ขณะเดินเครื่องเปล่า 2.5 A

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบหาอัตราความเร็วรอบขณะทำการตัดฟ่างของใบมีดแต่ละชุด

ใบมีด	จำนวนครั้งที่ทดสอบ / ความเร็วรอบที่ใช้ตัดฟ่าง (rpm)					เฉลี่ย ความเร็ว รอบ (rpm)
	1/rpm	2/rpm	3/rpm	4/rpm	5/rpm	
ชุดที่ 1	320.1	321.7	321.1	322.6	320.7	321.24
ชุดที่ 2	321.1	321.2	321.1	322.6	321.3	321.46
ชุดที่ 3	322.2	322.5	322.2	321.1	321.7	321.94

*รอบของเครื่องยนต์ขณะเดินเครื่องเปล่า 322.5 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การทดลองหา Power requirement

ใบมีด	Power requirement (hp)
ชุดที่ 1	0.772
ชุดที่ 2	0.755
ชุดที่ 3	0.749

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพการตัดของใบมีดที่ได้ทำการออกแบบแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องทดสอบที่มีขนาดมอเตอร์ 2 hp ที่ 1500 rpm โดยมีอัตราทดระหว่างเพลาขับกับเพลาตามที่ 4.65:1 พบว่าใบมีด ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ใช้กำลังขับใบมีดแต่ล่ะชุดที่ 0.772 hp, 0.755 hp,0.749 hp ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ 2.62A,2.56A,2.54A และใช้อัตราความเร็วรอบในการตัดที่321.24 rpm,321.46 rpm,และ 321.94 rpm ตามลำดับ จึงได้ชุดใบมีดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน ได้แก่ ใบมีดชุดที่3

3.12 การคำนวณการออกแบบ

- หาเส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์ตัวตามที่แกนเพลาใบมีดจากสมการ

$$m\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

โดย n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm หรือ in

<u>คำนวณ</u>

m = $\frac{n_2}{n_1}$ (ความเร็วรอบเครื่องต้นกำลัง 900 rpm ความเร็วรอบใบมีดที่ต้องการ 750 rpm)

$$m = \frac{900}{750}$$

$$m = 1.2$$

$$1.2 = \frac{x}{3.5}$$

$$x = 4.2 \approx 4 \text{ นิ้ว}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้พูลเลย์ที่แกนเพลาใบมีด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว

การหา Power requirement

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสแอมแปร์ ขณะที่ใบมีดตัดก้อนฟางเพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่ากำลังที่ใบมีดทั้งหมดต้องการ

$$P = IECOS\theta$$

เมื่อ I = กระแส (A)

E = แรงคลื่น (Volt) (220 v)

P = กำลัง (w)

Factor power motor 0.86 หรือ 1.0

P = (2.63)(220)(COS0.86)

= 578.535 w คิดเป็นแรงม้า 578.535/745.7 = 0.776 hp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาและพัฒนาชุดใบมีดหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับทำอาหารผสมแล้ว ในบทที่ 4 นี้จะเป็นการนำเครื่องดังกล่าวมาทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดสอบจะเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยที่ความเร็วรอบต่างๆกัน เพื่อจะหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องที่มีประสิทธิภาพในการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้ดีที่สุด

4.2 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดใบมีดหลังจากที่ได้พัฒนาแล้ว
2. เพื่อหาขนาดของเครื่องต้นกำลังและความเร็วรอบที่เหมาะสม ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพในการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนมากที่สุด

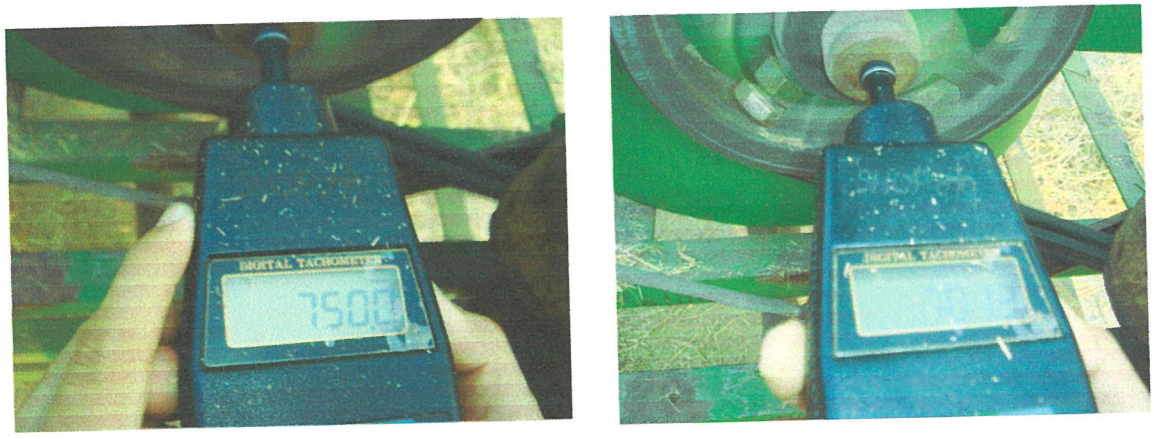
4.3 วิธีการทดลอง

4.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพการหั่น

ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบโดยการจำแนกทางเดียว (one-way experiment) โดยการทดสอบข้อสมมุติฐานเกี่ยวกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของข้อมูลหลายชุดพร้อมๆกัน

ทำการทดสอบโดยใช้ต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 แรงม้า กำหนดความเร็วรอบของใบมีด 2 ความเร็วรอบ คือ 700 และ 750 รอบต่อนาทีโดยใช้เวลาในการหั่นแต่ละระดับความเร็วรอบของใบมีด 20 นาทีซึ่งมีการทำ 5 ซ้ำในแต่ละความเร็วรอบ โดยใช้ฟางอัดฟ่อนน้ำหนัก 20 กิโลกรัม ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากการทดสอบการหั่นในแต่ละครั้งจำนวน 600 กรัม แล้วนำมาแยกขนาด เป็น 2 ส่วน คือเส้นฟางที่ได้ขนาดมีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร กับที่ไม่ได้ขนาดคือเส้นฟางที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยการใช้ตะแกรงคัดแยก และความชื้นของฟางที่ใช้ในการทดลองจะอยู่ที่ 9-10 % db.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 การทดสอบที่ความเร็วรอบต่างกัน

ภาพที่ 4.2 การทดสอบหั่นฟางอัดฟ่อน

ภาพที่ 4.3 ฟางที่ได้จากการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟาง

4.3.2 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ทำการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยทำการวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถังก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบโดยการวัดระดับน้ำมันจากนั้นทำการเดินเครื่องทดสอบเป็นเวลา 20 นาที ทำการเก็บตัวอย่างแล้วจึงทำการตวงน้ำมันโดยการใช้กระบอกตวงแล้วจึงทำการเติมน้ำมันลงในถังให้ได้ปริมาตรเท่าเดิม ดังภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.5 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

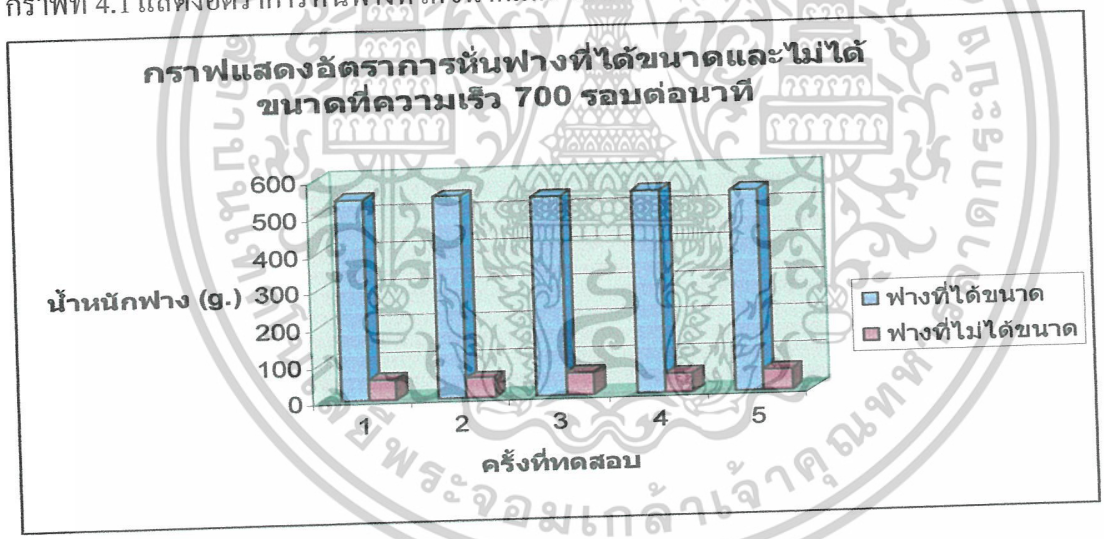
4.4 ผลการทดลอง

4.4.1 ผลการทดสอบหาอัตราการหั่นฟางอัดฟ่อน ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาด

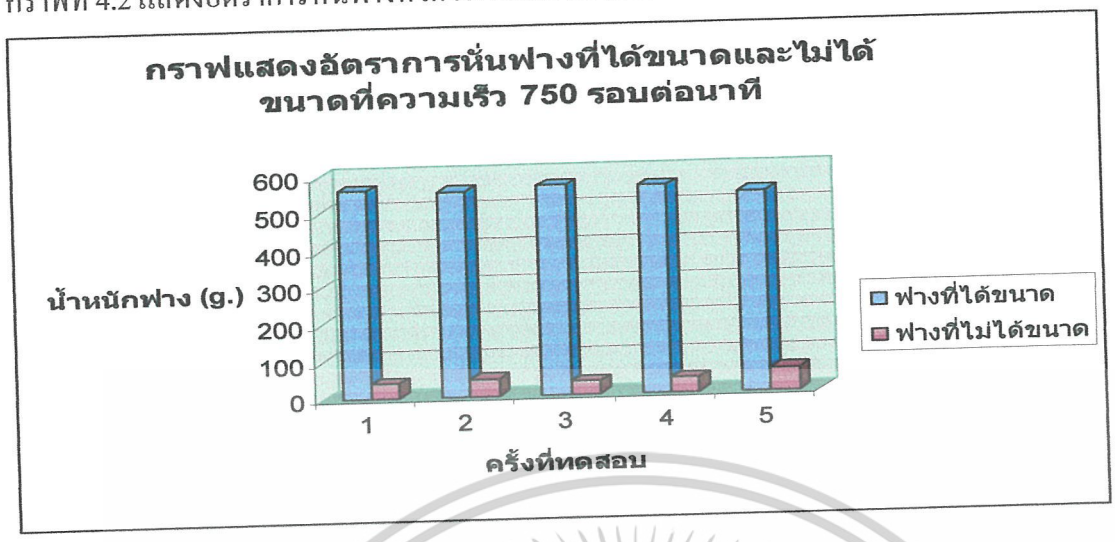
rpm / ทดสอบ(ครั้ง)	700rpm		750rpm	
	ฟางที่ได้ขนาด (g)	ฟางที่ไม่ได้ขนาด (g)	ฟางที่ได้ขนาด (g)	ฟางที่ไม่ได้ขนาด (g)
1	545	55	560	40
2	548	52	555	45
3	540	60	565	35
4	550	50	561	39
5	546	54	540	60
average	545.8	54.2	556	43.8

กราฟที่ 4.1 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาดที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.2 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดและไม่ได้ขนาดที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที



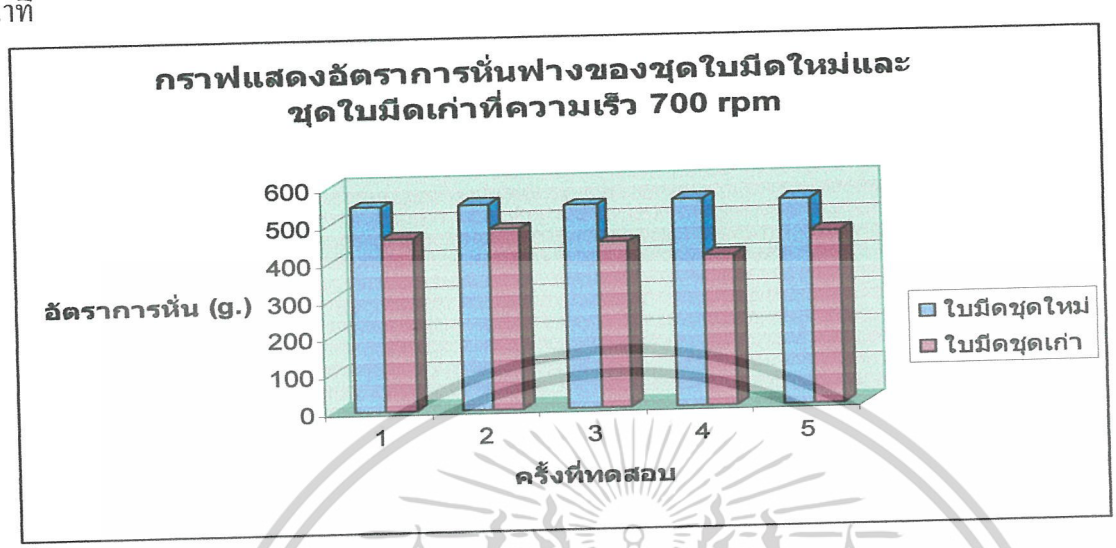
จากตารางที่ 4.1 พบว่าอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาด (น้อยกว่า 5 เซนติเมตร) จะอยู่ที่ 545.8 และ 556 g ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบในการทำงานเพิ่มขึ้นก็จะได้ฟางที่ได้ขนาดเพิ่มขึ้นส่วนฟางที่ไม่ได้ขนาดก็จะมีปริมาณลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้งเมื่อเทียบกับเครื่องเดิม (g)

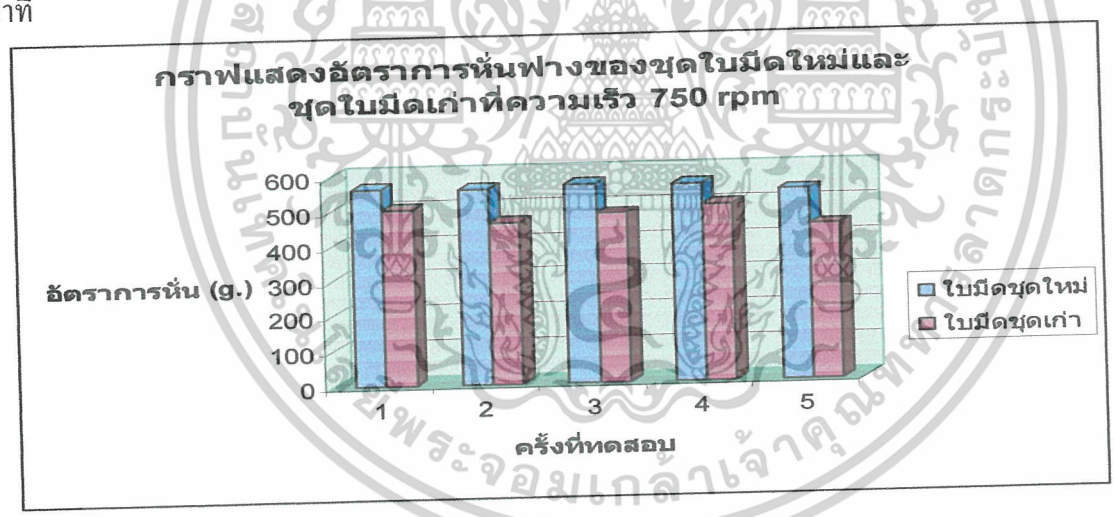
Speed	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750rpm(old)
1	545 g	460 g	560 g	500 g
2	548 g	480 g	555 g	460 g
3	540 g	440 g	565 g	480 g
4	550 g	400 g	561 g	500 g
5	546 g	460 g	540 g	440 g
average	545.8 g	448 g	556.2 g	476 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.3 แสดงอัตราการหั่นฟาง (g) ที่ได้ขนาดของชุดใบมีดใหม่และใบมีดเก่าที่ 700 รอบต่อนาที



กราฟที่ 4.4 แสดงอัตราการหั่นฟาง (g) ที่ได้ขนาดของชุดใบมีดใหม่และใบมีดเก่าที่ 750 รอบต่อนาที



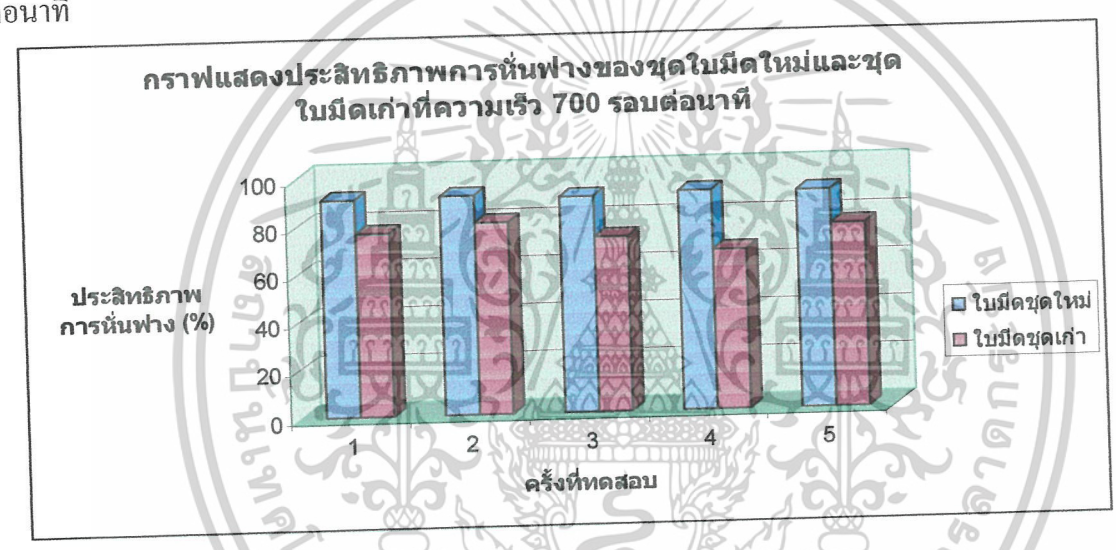
จากกราฟที่ 4.3 และ 4.4 การทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อทำการทดสอบที่ความเร็วรอบที่เพิ่มสูงจะทำให้ได้น้ำหนักฟางที่ได้ขนาดเพิ่มขึ้นด้วย แต่ในการทดสอบการหั่นในแต่ละความเร็วรอบน้ำหนักของฟางที่คัดแยกได้นั้นมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากันอันเนื่องมาจากอัตราการเข้าสู่ชุดใบมีดของฟาง ที่ไม่สามารถตกลงอย่างอิสระเข้าสู่ชุดใบมีดได้อย่างต่อเนื่อง จึงทำให้ชุดใบมีดไม่สามารถทำการหั่นได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

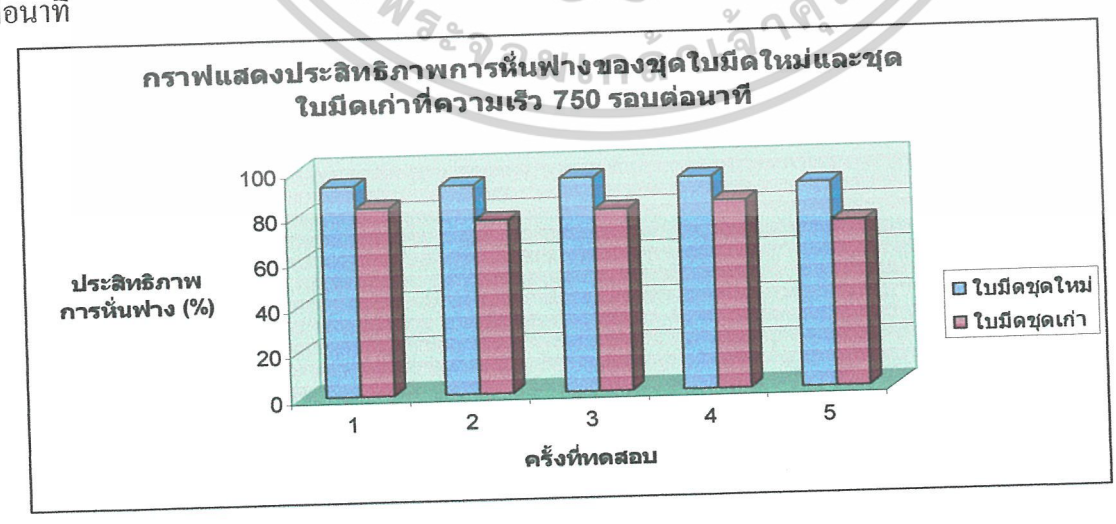
ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการหั่นที่ได้ในแต่ละการทดสอบ (%)

Speed	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750rpm(old)
1	90.83 %	76.67 %	93.33 %	83.33 %
2	91.33 %	80.00 %	92.50 %	76.67 %
3	90.00 %	73.33 %	94.17 %	80.00 %
4	91.67 %	66.67 %	93.50 %	83.33 %
5	91.00 %	76.67 %	90.00 %	73.33 %
average	90.97 %	74.67 %	92.70 %	79.33 %

กราฟที่ 4.5 แสดงประสิทธิภาพการหั่นฝางของชุดใบมีดใหม่และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที



กราฟที่ 4.6 แสดงประสิทธิภาพการหั่นฝางของชุดใบมีดใหม่และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

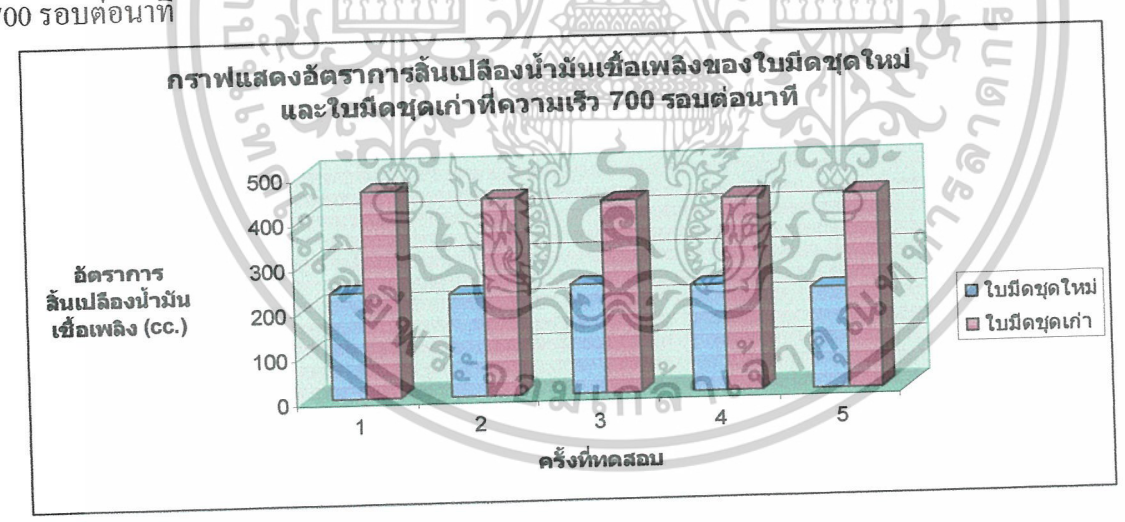
จากตารางที่ 4.3 ทำการหาประสิทธิภาพการหั่นที่ได้ในแต่ละการทดสอบโดยใช้น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาด หารด้วยน้ำหนักของฟางที่หั่นได้ทั้งหมดในแต่ละรอบการทดลองแล้วคูณด้วย 100 จะเห็นว่าประสิทธิภาพที่ได้ในแต่ละครั้งมีความแตกต่างกัน โดยที่ชุดใบมีดที่ทำการพัฒนามีประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น

4.4.2 ผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน

ตารางที่ 4.4 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในแต่ละการทดสอบ (cc)

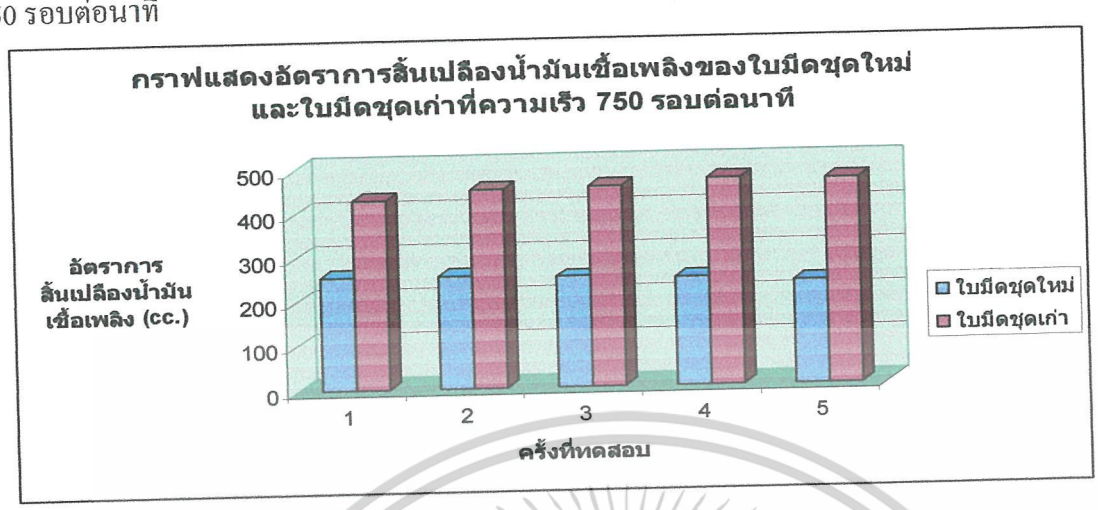
Speed	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750 rpm(old)
1	233	460	257	430
2	226	437	255	450
3	240	427	250	455
4	235	429	246	467
5	224	433	235	465
average	231	437	248	453.4

กราฟที่ 4.7 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของชุดใบมีดใหม่และชุดใบมีดเก่าที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.8 แสดงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของใบมีดชุดใหม่และใบมีดชุดเก่าที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที



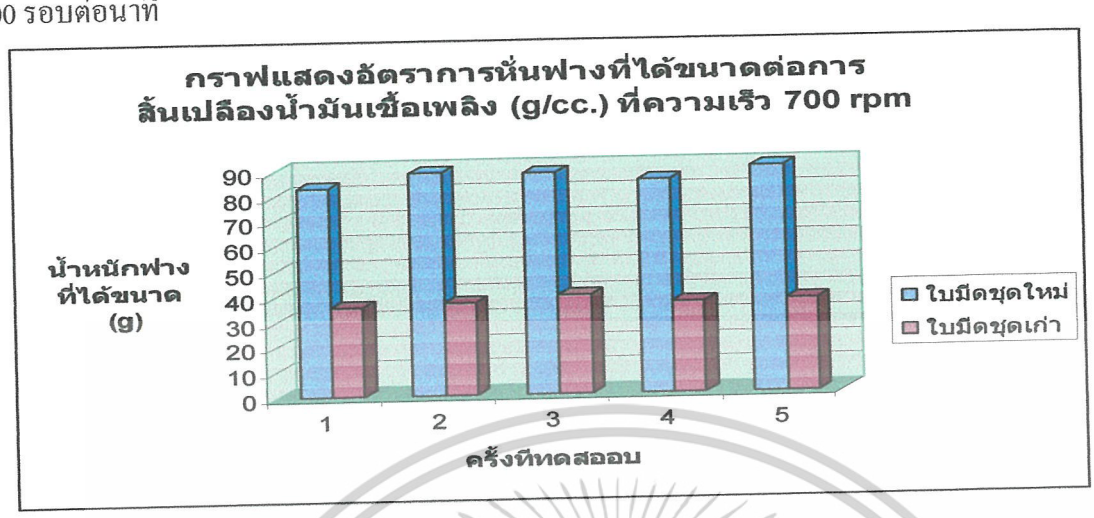
จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการหั่นแต่ละความเร็วรอบโดยใช้เวลาในการเดินเครื่อง 20 นาทีนั้น อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงหลังจากได้ทำการพัฒนาชุดใบมีดแล้วมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงเมื่อเทียบกับเครื่องเดิม และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นก็จะทำให้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 4.5 อัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/cc.)

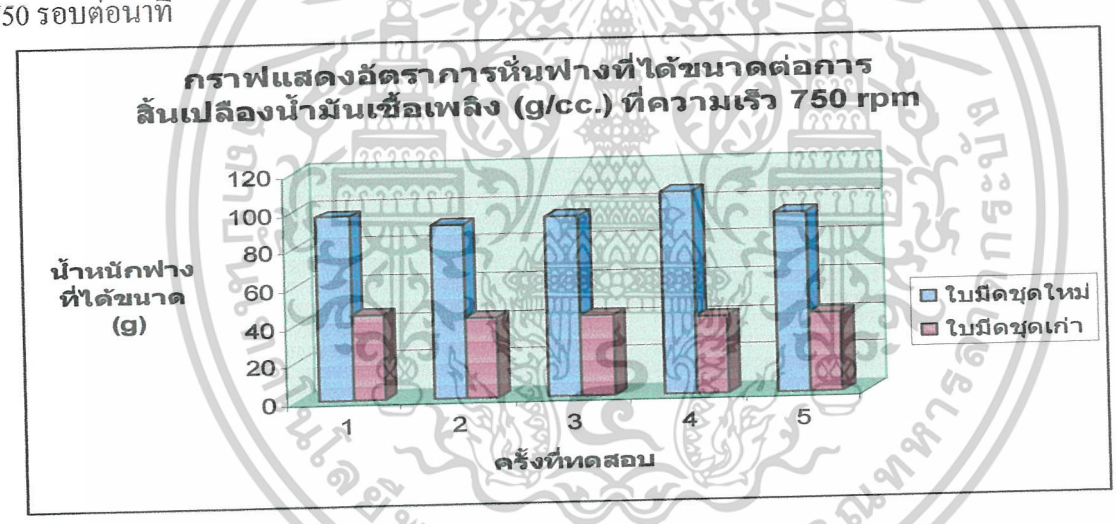
Speed	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750rpm(old)
1	83.06	35.65	96.89	44.65
2	88.59	36.61	91.61	42.22
3	88.12	39.34	94.95	42.20
4	84.71	36.36	107.01	40.69
5	89.78	36.95	94.55	41.29
average	86.85	36.98	97.00	42.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟที่ 4.9 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/cc.) ที่ความเร็ว 700 รอบต่อนาที



กราฟที่ 4.10 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (g/cc.) ที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที



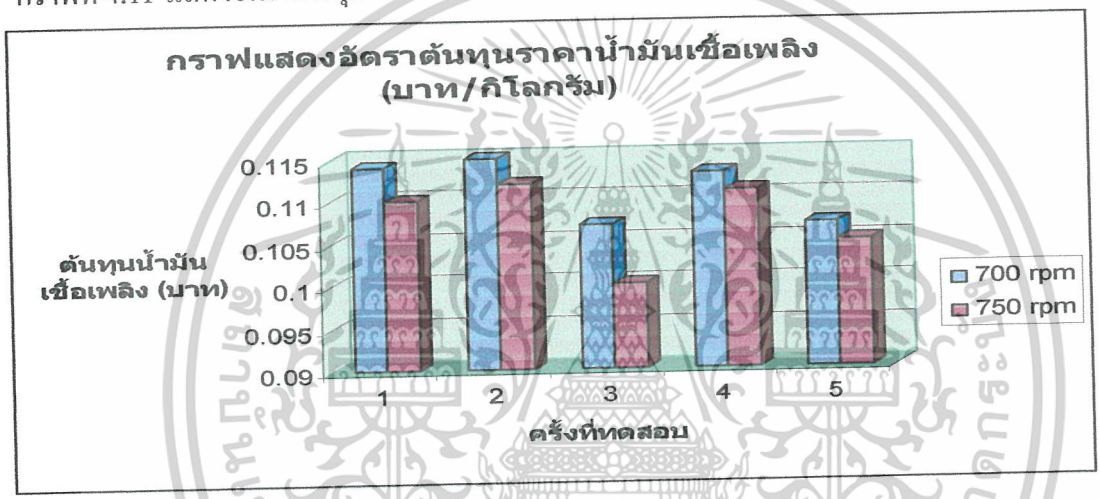
จากตารางที่ 4.5 เมื่อทำการคำนวณหาอัตราการหั่นต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที โดยที่เครื่องเดิมมีอัตราการหั่นเฉลี่ยเท่ากับ 36.98 และ 42.21 กรัมต่อซีซี ตามลำดับ ในขณะเครื่องที่ได้ทำการพัฒนาชุดใบมีดมีอัตราการหั่นอยู่ที่ 86.85 และ 97.00 ตามลำดับ โดยเครื่องที่ได้พัฒนาชุดใบมีดนั้นมีอัตราความสามารถในการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนมากขึ้น ในขณะที่อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเท่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ต้นทุนราคาน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กิโลกรัม)

speed	700rpm	750rpm
1	0.114	0.110
2	0.115	0.112
3	0.107	0.100
4	0.113	0.111
5	0.107	0.105
average	0.111	0.107

กราฟที่ 4.11 แสดงอัตราต้นทุนราคาน้ำมันเชื้อเพลิง



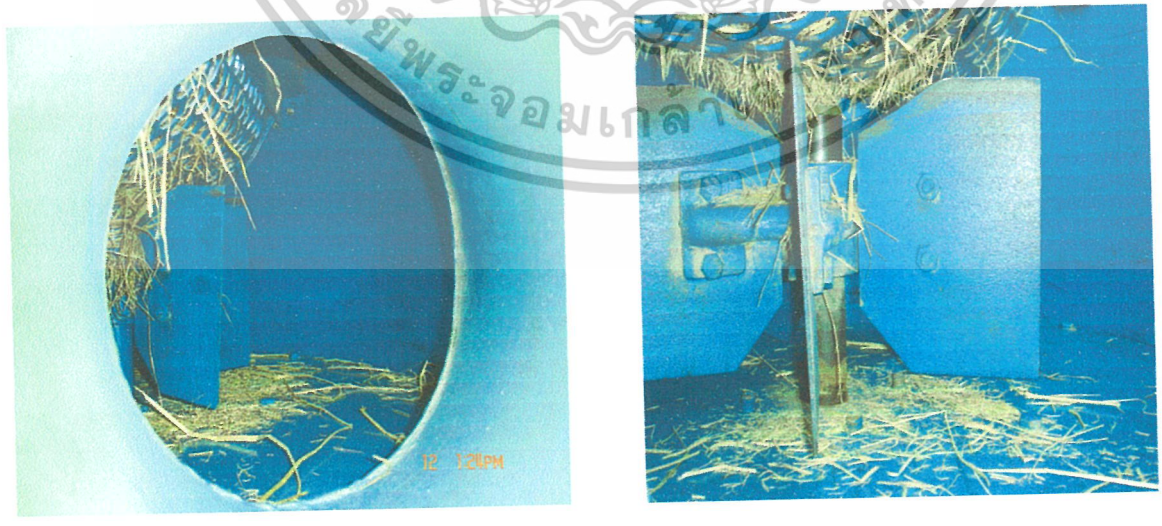
จากตารางที่ 4.6 การคำนวณหาอัตราการหั่นต่อต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที โดยที่ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 23.84 บาทต่อลิตร (ราคา ณ วันที่ 7 มกราคม 2552) ซึ่งต้นทุนราคาน้ำมันเชื้อเพลิงจะอยู่ที่ 0.111 และ 0.107 บาทต่อกิโลกรัม โดยเฉลี่ยตามลำดับ

ภาพที่ 4.6 ฟางที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบใบมีด 700 รอบ/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.7 ฟางที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วรอบใบมีด 750 รอบ/นาที

ภาพที่ 4.8 ฟางที่ตัดไม่ได้ขนาด



ภาพที่ 4.9 ฟางที่เหลือติดค้างอยู่ภายในตะแกรงกำหนดขนาดกับปล่องทางฟางออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดสอบเบื้องต้นได้ทำการออกแบบการทดลองชุดใบมีดแต่ละชุด ซึ่งการออกแบบมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิติเพื่อหาชนิดของใบมีด ความเร็วรอบและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่จะสามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนให้มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวที่เหมาะสมสำหรับทำอาหารผสม ลดการสูญเสียของเส้นฟางที่ไม่ได้ขนาด จากการทดลองที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที ของชุดใบมีดใหม่ได้เส้นฟางที่มีขนาดตามต้องการโดยเฉลี่ยที่ 545.8 และ 556.2 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ชุดใบมีดเก่าหั่นได้โดยเฉลี่ยที่ 448 และ 476 กรัม ซึ่งใบมีดชุดใหม่มีอัตราการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสูงขึ้นและประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดมีค่าเฉลียอยู่ที่ 90.97 และ 92.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ(ชุดใบมีดใหม่) โดยที่ความชื้นของฟางอยู่ระหว่าง 9-10 %db.

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในการทดสอบที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที ค่าที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดใบมีดแบบใหม่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าชุดใบมีดสามเหลี่ยมแบบเก่า โดยที่ชุดใบมีดใหม่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ 231.98 และ 249.11 ซีซี โดยคิดที่น้ำหนักฟาง 20 กิโลกรัม และคิดเป็นต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงจะมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.111 และ 0.107 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยคิดราคาน้ำมันดีเซลที่ 23.84 บาทต่อลิตร ความชื้นฟาง 9-10 %db. ซึ่งที่ความเร็ว 750 รอบต่อนาที มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยที่สุดและมีประสิทธิภาพในการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนดีที่สุด

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

จากการทดลอง ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสม เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการผลิตและลดต้นทุนการทำงานได้ดังนี้

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์การป้อนฟางเข้าสู่ชุดใบมีดซึ่งจากเดิมเป็นการปล่อยอย่างอิสระทำให้ฟางที่ตกลงสู่ใบมีดไม่สม่ำเสมอทำให้การหั่นย่อยฟางไม่ต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันถ้าฟางเข้าสู่ชุดใบมีดมากเกินไปใบมีดก็จะไม่สามารถหมุนต่อไปได้อีก ดังนั้นหากมีการติดตั้งชุดป้อนฟางก็จะทำให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและควบคุมอัตราการป้อนฟางได้

2. ติดตั้งชุดใบมีดเพิ่มเป็นแบบเพลาคู่เพื่อทำให้เกิดการดึงฟางเข้าสู่ชุดใบมีดได้อย่างต่อเนื่องและทำให้เกิดการหั่นแบบสองทางจะทำให้ฟางไม่ไปสะสมอยู่ที่ฝั่งตรงข้ามการหั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ติดตั้งอุปกรณ์ทดรอบเพื่อลดโหลดของเครื่องยนต์ลง ซึ่งจะทำให้สามารถใช้เครื่องยนต์ที่มีขนาดเล็กลงและจะช่วยลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

4. ติดตั้งฟลายวีล (ล้อช่วยแรง) ที่ชุดเพลาของใบมีดอีกตัว เพื่อช่วยให้ใบมีดหมุนด้วยความเร็วคงที่และเป็นการช่วยผ่อนแรงเครื่องยนต์อีกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 1 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

ครั้งที่	ระยะแนวดิ่ง (cm)	ระยะแนวราบ (cm)	มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ (°)
1	35.50	98.40	19.84
2	35.50	98.40	19.84
3	35.50	98.40	19.84
4	34.00	98.40	19.06
5	36.30	98.40	20.25
MEAN	35.36	98.40	19.77

ตารางที่ 2 ความชื้นของฟางข้าว

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนอบ (g)	น้ำหนักหลังอบ (g)	ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)	ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)
1	40.58	36.74	9.46	10.45
2	37.82	34.55	8.65	9.46
3	45.46	41.63	8.42	9.20
4	39.29	35.48	9.70	10.74
5	41.64	38.08	8.55	9.35
MEAN	40.96	37.30	8.96	9.84
SD	2.89	2.76	0.58	0.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน และ การดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟ่อน

ค่าที่ได้จากการดึงแยกฟางข้าว แสดงในตารางที่ 13 ซึ่งพบว่า การดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟ่อนใช้แรงดึง (29.69 kg) มากกว่าการดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน (16.50 kg) ทั้งนี้เพราะการอัดตัวแน่นมากกว่าฟางทั้งฟ่อน การดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อนจึงยากกว่าการดึงแยกฟางออกจากฟ่อน

ตารางที่ 3 แสดงการดึงแยกฟางข้าว

	การดึงแยกฟางข้าว ออกจากฟ่อน	การดึงแยกฟาง ในชั้นของฟ่อน
แรงดึงมากที่สุด (kg.)	16.50	29.69
เวลาที่ใช้ในการดึง(s)	84.50	96.58
พลังงานที่ถูกกลืน(J)	19.03	18.06
น้ำหนักฟางบนท่อน(Kg)	7.63	0.58
น้ำหนักฟางท่อนล่าง(Kg)	11.47	1.14
ความยาวฟางท่อนบนที่ดึงออก (cm)	46.33	5.40
ความยาวฟางท่อนล่างที่เหลืออยู่ (cm)	62.67	10.40

<u>หมายเหตุ</u>

* การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน 2 ฟ่อน
* การดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อน 5 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ 4 ค่าตัวประกอบความล้า

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาหมุน		
แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5-2.0	1.0-1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0-3.0	1.5-3.0

ตารางที่ 5 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานแบน

ประเภทของงาน	ชั่วโมงทำงานต่อวัน				ชั่วโมงทำงานต่อวัน			
	น้อยกว่า10		มากกว่า10		น้อยกว่า10		มากกว่า10	
	สตาร์ตด้วยแรงเคลื่อน 85%	สตาร์ตโดยตรง	สตาร์ตด้วยแรงเคลื่อน 85%	สตาร์ตโดยตรง	สตาร์ตด้วยแรงเคลื่อน 85%	สตาร์ตโดยตรง	สตาร์ตด้วยแรงเคลื่อน 85%	สตาร์ตโดยตรง
<u>สำหรับงานหนัก</u> เครื่องย่อย , เครื่องตีและบดหิน	1.2	1.4	1.3	1.5	1.3	1.5	1.4	1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพาน Kw/25 mm สำหรับส่วนโค้งสัมผัส 180^0

ร่อง	RPM ของเพลาขนาดเล็ก	เส้นผ่านศูนย์กลางพิชของสายพาน มม. 80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
3	720	0.48	0.67	0.94	1.35	1.97	2.70	3.73	5.58	6.93	8.30	-
	960	0.62	0.86	1.19	1.71	2.50	3.40	4.64	6.79	8.15	-	-
	1440	0.88	1.21	1.67	2.38	3.40	4.51	5.94	-	-	-	-
	100	0.09	0.12	0.17	0.24	0.35	0.49	0.68	1.05	1.35	1.71	2.15
	200	0.15	0.22	0.31	0.45	0.65	0.90	1.26	1.92	2.47	3.13	3.91
	300	0.22	0.31	0.43	0.64	0.93	1.28	1.79	2.73	3.49	4.41	5.45
	400	0.29	0.40	0.56	0.82	1.19	1.64	2.29	3.48	4.44	5.56	6.79
	500	0.35	0.48	0.68	0.99	1.45	1.99	2.77	4.19	5.31	6.59	7.89
	600	0.41	0.57	0.79	1.16	1.69	2.32	3.22	4.85	6.10	7.46	8.72
	700	0.47	0.65	0.91	1.32	1.93	2.64	3.65	5.46	6.81	8.18	9.23
	800	0.53	0.74	1.02	1.48	2.15	2.95	4.05	6.02	7.41	8.71	-
	900	0.58	0.81	1.13	1.62	2.37	3.23	4.43	6.52	7.93	-	-
	1000	0.64	0.89	1.23	1.76	2.58	3.51	4.78	6.95	8.29	-	-
	1100	0.69	0.97	1.34	1.91	2.78	3.77	5.10	7.32	8.55	-	-
	1200	0.76	1.03	1.44	2.06	2.96	4.01	5.39	7.62	-	-	-
	1300	0.80	1.11	1.54	2.19	3.14	4.23	5.64	-	-	-	-
	1400	0.86	1.19	1.64	2.32	3.32	4.43	5.86	-	-	-	-
	1500	0.96	1.25	1.73	2.45	3.49	4.62	6.05	-	-	-	-
	1600	0.98	1.32	1.83	2.57	3.65	4.78	6.19	-	-	-	-
	1700	1.01	1.39	1.91	2.70	3.79	4.94	6.29	-	-	-	-

ร่อง		250	315	400	500	630	800	1000
4	720	2.48	4.08	5.80	7.87	10.11	-	-
	960	-	5.03	7.01	9.10	-	-	-
	100	0.46	0.76	1.10	1.56	2.12	2.78	3.48
	200	0.84	1.39	2.01	2.84	3.86	5.05	6.27
	300	1.19	1.97	2.86	4.02	5.43	7.04	8.64
	400	1.52	2.52	3.64	5.10	6.84	8.76	10.53
	500	1.84	3.04	4.38	6.09	8.08	10.17	11.84
	600	2.14	3.53	5.06	6.97	9.13	11.21	-
	700	2.42	3.99	5.69	7.71	9.97	11.83	-
	800	2.69	4.42	6.25	8.37	10.56	-	-
	900	-	4.81	6.75	8.87	-	-	-
	1000	-	5.16	7.17	9.22	-	-	-
	1100	-	5.48	7.52	-	-	-	-
	1200	-	-	7.78	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] นิตยสารสัตว์เศรษฐกิจ. (2545),เอกสารกองอาหารสัตว์, ฉบับที่433

[2] ภรต กุญชร ณ อยุธยา. 2541. เครื่องสับเอนกประสงค์. เอกสารเผยแพร่ในงานแสดงผลงานวิจัยเชิงประยุกต์ เพื่อใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจ "มหกรรมเทคโนโลยีรู้เพื่อรวย". 2 - 8 สิงหาคม 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

[3] ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะฯ. 2533. เครื่องจักรกลเกษตรใหม่ ในโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตโคนม. ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตร ฉบับประจำเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2533.

[4] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ฉนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2534.

[5] วริทธิ์ อึ้งภากรณ์และชาญ ฉนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม2. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2541.

[6] วิโรจน์ ภัทรจินดา. โคนม Dairy Cattle. โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.

[7] http://www.greenheyes.com/pages/strawchopper01.htm

[8] สายัณห์ ทัดศรี.พืชอาหารสัตว์เขตร้อน."บทบาทของพืชอาหารสัตว์ต่อการเกษตรไทย". สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์:กรุงเทพฯ,2547.หน้า 1-3

[9] สุรินทร์ นิยมางกูร สิถิติวิจัย สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ, 2548

กณภัทร์ สุทธิวงศ์. ชุดทดสอบกำลังของเครื่องจักรกลเกษตรขนาดเล็ก. ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

[10] ปฐมพร ฟูใจและจักรพงษ์ แย้มยิ้ม. 2547. การศึกษาและประเมินผลชุดเครื่องมือแกะกลีบกระเทียม. โครงงานวิศวกรรมปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้