สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟางข้าวสำหรับการทำอาหารผสม

DESIGN AND DEVELOPMENT OF RICE STRAW CHOPPER FOR TOTAL MIXED RATION

T105124

สุภัทรา ขาวโต

SUPHATTRA KHOWTO

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105124
วัน,เดือน,ปี 16 พ.ย. 2552

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL 2009-EN-M-100-058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND DEVELOPMENT OF RICE STRAW CHOPPER FOR TOTAL MIXED RATION

SUPHATTRA KHOWTO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2009

KMITL 2009-EN-M-100-058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟางข้าวสำหรับการทำอาหารผสม

Thesis Title Design and Development of Rice Straw Chopper for Total Mixed Ration

นักศึกษา นางสาวสุภัทรา ขาวโต

รหัสประจำตัว 49061251

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.วินัย กล้าจริง

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-BN-M-100-058

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ปานมนัส	ศิริสมบูรณ์	
ดร.ประสันต์	ชุ่มใจหาญ	
ผศ.ดร.ศิวลักษณ์	ปฐวีรัตน์	
ดร.สุตาภัทร	แคว้นเขาเมือง	
รศ.ดร.วินัย	กล้าจริง	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ วันพุธที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2552 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟางข้าวสำหรับการทำอาหารผสม
นักศึกษา	สุภัทรา ขาวโต
รหัสนักศึกษา	49061251
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเกษตร
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. วินัย กล้าจริง

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวสำหรับทำอาหารผสม เพื่อลดการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศและเครื่องหั่นแบบเดิมที่เกษตรกรมีใช้อยู่ในท้องถิ่น สำหรับฟางที่หั่นได้นั้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารผสมมีความยาวอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตรและสามารถนำมาใช้หั่นย่อยเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน การออกแบบเครื่องหั่นฟางให้เครื่องสามารถทำการหั่นฟางโดยการหั่นฟางทั้งฟ่อนได้ เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงาน ในการทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียล เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน โดยทำการทดสอบการหั่นฟางอัดฟ่อนที่ความเร็วรอบของใบมีดต่างกัน ใช้วิธีทางสถิติ(โปรแกรม Minitab V.15) เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม ผลการทดลองอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 4.01 ลิตรต่อตัน และมีประสิทธิภาพการหั่นที่ได้ฟางตามขนาดที่ต้องการของเครื่องหั่นย่อยฟางเท่ากับ 93.05 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Design and Development of Rice Straw chopper for Total Mixed Ration
Student	Miss. Suphattra Khowto
Student ID.	49061251
Degree	Master of Engineering
Program	Agricultural Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Vinai Klajring

ABSTRACT

This thesis presented the design, fabrication and development of rice straw chopper for replacing the import from foreign country and the traditional local rice straw chopper that farmers usually use. The suitable length of straw for using in total mixed ration feed should be 2-5 cm. The developed of rice straw chopper could be used to cut straw to be biomass for steam boilers for power production. It was suitable for cutting the 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 (Minitab V.15) 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 96 kilograms per hour, the average fuel consumption was 4.01 litre per ton and the cutting efficiency was 93.05 percent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รองศาตราจารย์ ดร. วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และเป็นผู้ตรวจทานต้นฉบับวิทยานิพนธ์และบทความของข้าพเจ้า, ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์หน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ,รองศาตราจารย์ ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และ รองศาตราจารย์ จิราภรณ์ เบญจประกายรัตน์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทั้งสี่ท่านและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆ ท่านที่ให้คำแนะนำ กำลังใจและช่วยเหลือข้าพเจ้าในเรื่องการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัยคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุภัทรา ขาวโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง..... VIII

สารบัญภาพ..... IX

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 2

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 2

1.4 ขอบเขตของการศึกษา..... 3

1.5 ขอบเขตการออกแบบ 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา..... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ..... 5

2.1 อาหาร "TMR" กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ..... 5

2.1.1 บทบาทของอาหาร TMR..... 5

2.1.2 ลักษณะของอาหาร TMR..... 6

2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหาร TMR..... 6

2.1.4 ประโยชน์ของอาหาร TMR..... 7

2.1.5 ส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR..... 7

2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้ TMR..... 9

2.2 อาหารข้น (Concentrates)..... 9

2.2.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทพลังงาน..... 9

2.2.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีน..... 11

2.3 อาหารหยาบ (Roughages)..... 14

2.3.1 พันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในเมืองไทย..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.4 การจัดการให้อาหารโคนม (Feeding and Management of Dairy cattle)..... 21
2.4.1 ความต้องการอาหารของโค..... 21
2.4.2 ปริมาณสิ่งแห้งที่กิน..... 22
2.4.3 สูตรอาหาร..... 23
2.4.4 การให้อาหารและการจัดการในโครีดนม..... 23
2.4.5 การเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ..... 33
2.5 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว..... 35
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป..... 35
2.5.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้..... 35
2.5.3 การทำฟางปรุงแต่ง..... 35
2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฟางข้าว..... 39
2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว..... 39
2.6.2 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 41
2.7 ทฤษฎีที่จะนำมาออกแบบใบมีดที่ใช้สับวัสดุ..... 41
2.7.1. การป้อนใบมีด..... 41
2.7.2. ความคมของใบมีด (Blade Sharpnees)..... 41
2.7.3 ช่องว่างระหว่างใบมีดกับแท่นการตัด (Blade clearnance with shear bar)..... 42
2.8 การศึกษาเครื่องหั่นวัสดุเกษตรในประเทศ..... 42
2.8.1 ใบมีดชนิดจานกลม (flywheel type)..... 42
2.8.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก (cylinder type)..... 42
2.8.3 ชุดใบมีดหั่นวัสดุเมื่อหมุน (Rotating Beater)..... 43
2.8.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน..... 44
2.8.5 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว..... 44
2.9 การศึกษาเครื่องหั่นฟางในต่างประเทศ..... 45
2.10 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 46
2.10.1 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์..... 46
2.10.2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม..... 47
2.10.3 เครื่องหั่นฟางสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร..... 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

2.11 การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงพลังงานมวลชีวภาพ..... 50

2.11.1 ความหมายของพลังงานมวลชีวภาพ..... 50

2.11.2 พลังงานจากการสังเคราะห์แสง..... 51

2.11.3 แหล่งพลังงานมวลชีวภาพ..... 52

2.12 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง..... 59

2.12.1 การทดลองหา Power requirement..... 59

2.12.2 อัตราทด (Velocity ratio) m_{ω} 60

2.12.3 การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับ..... 60

2.12.4 ความต้องการกำลัง (Power requlrement)..... 60

2.12.5 การคำนวณความชื้นของวัสดุ..... 60

2.12.6 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน..... 61

2.12.7 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด..... 61

2.12.8 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ..... 61

2.12.9 การออกแบบเพลาตัน..... 61

2.12.10 การคำนวณหาความเร็วรอบ..... 63

2.12.11 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน..... 63

2.12.12 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหั่น..... 64

บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟาง..... 65

3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบที่ 1..... 65

3.2 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่..... 69

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ..... 70

3.4 ระบบที่ทำการพัฒนา..... 73

3.4.1 ชุดใบมีด..... 73

3.4.2 ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด..... 73

3.4.3. อัตราทดจากเครื่องยนต์ต้นกำลังไปชุดใบมีด 2:1..... 75

3.4.4. ช่องทางลงถังบรรจุฟาง..... 75

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง..... 76

4.1 การทดลอง..... 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้าที่

4.1.1 จุดประสงค์การทดลอง..... 77

4.1.2 วิธีการทดลอง..... 77

4.2 ผลการทดลอง..... 80

4.2.1 ผลการทดลองของใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 rpm..... 80

4.3 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม..... 85

บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 90

5.1 สรุปผลการทดลอง..... 90

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง..... 90

ภาคผนวก..... 92

เอกสารอ้างอิง..... 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร TMR..... 8

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสม TMR สำหรับโค 1 ตัว..... 8

ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารข้น..... 12

ตารางที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารหยาบ..... 19

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ..... 39

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม..... 47

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าพลังงานของแหล่งเชื้อเพลิงมวลชีวภาพชนิดต่างๆ..... 54

ตารางที่ 2.8 ปริมาณเชื้อเพลิงพลังงานชีวภาพที่มีศักยภาพนำไปใช้เป็นพลังงาน..... 54

ตารางที่ 2.9 ศักยภาพเชิงปริมาณของชีวมวลในการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า..... 55

ตารางที่ 2.10 ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ ของประเทศไทย..... 58

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของใบมีดแต่ละชุด..... 71

ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบหาอัตราความเร็วรอบขณะทำการตัดฟางของใบมีดแต่ละชุด..... 71

ตารางที่ 3.3 การทดลองหา Power requirement..... 72

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g)
เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 9-10%db)..... 80

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g)
เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 10-11%db)..... 80

ตารางที่ 4.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละการทดสอบ (cc)
เมื่อทำการเดินเครื่อง 20 นาที..... 81

ตารางที่ 4.4 อัตราการหั่นฟางที่ได้ต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/cc.)
เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า..... 81

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์สำหรับ Factorial contrasts ใน 2^3 factorial..... 82

ตารางที่ 4.6 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวที่พัฒนา..... 89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้าที่

ภาพที่ 2.1 อาหารผสมสำเร็จรูป..... 5

ภาพที่ 2.2 อาหารโคนม-โคเนื้อ..... 6

ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของการให้น้ำนม น้ำหนักร่างกาย..... 26
ปริมาณการกินอาหารในระยะต่างๆของโคนม ที่มา: Ensminger(1990)

ภาพที่ 2.4 ฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว..... 39

ภาพที่ 2.5 มิติด้านบนและด้านข้างของฟ่อนฟาง..... 39

ภาพที่ 2.6 Cutter bar..... 41

ภาพที่ 2.7 ใบสับ (cutterhead)..... 43

ภาพที่ 2.8 แฮมเมอร์มิล (Open view of Hammer Mill)..... 44

ภาพที่ 2.9 เครื่องจักรย่อยเศษยาง..... 44

ภาพที่ 2.10 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ดีขุยมะพร้าว..... 45

ภาพที่ 2.11 เครื่องหั่นฟาง..... 45

ภาพที่ 2.12 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์..... 46

ภาพที่ 2.13 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม..... 47

ภาพที่ 2.14 ลักษณะโครงเหล็กแผ่นยึดใบมีดตัด..... 47

ภาพที่ 2.15 เครื่องหั่นฟาง..... 49

ภาพที่ 2.16 แสดงรูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพ..... 51

ภาพที่ 2.17 แสดงรูปแบบของวัฏจักรคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติ..... 52

ภาพที่ 2.18 แสดงผังการใช้เศษพืชผลทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้า..... 57

ภาพที่ 2.19 แสดงรูปแบบการนำก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบไปใช้..... 57

ภาพที่ 2.20 แสดงผังการใช้ของเหลือใช้จากชุมชนเป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้า..... 58

ภาพที่ 2.21 แสดงผังการเปลี่ยนมวลชีวภาพให้เป็นพลังงานโดยวิธีต่างๆ..... 58

ภาพที่ 2.22 แสดงการทดสอบหาการหาเครื่องต้นกำลัง..... 59

ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง..... 65

ภาพที่ 3.2 แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง..... 66

ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก..... 66

ภาพที่ 3.4 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง..... 67

ภาพที่ 3.5 ใบมีด..... 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้าที่

ภาพที่ 3.6 ชุดหน้าแปลนใบมีด..... 68
ภาพที่ 3.7 ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด..... 68
ภาพที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับติดตั้ง..... 68
ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบใบมีด..... 69
ภาพที่ 3.10 ใบมีดชุดที่ 1 69
ภาพที่ 3.11 ใบมีดชุดที่ 2 70
ภาพที่ 3.12 ใบมีดชุดที่ 3..... 70
ภาพที่ 3.13 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีด..... 70
ภาพที่ 3.14 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดแต่ละชุด..... 71
ภาพที่ 3.15 การทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใบมีดใช้หั่น..... 71
ภาพที่ 3.16 แสดงการทดลองหาต้นกำลัง..... 72
ภาพที่ 3.17 ชุดใบมีด (Cutter)..... 73
ภาพที่ 3.18 ระบบถ่ายทอดกำลังและใบพัด..... 74
ภาพที่ 3.19 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์..... 75
ภาพที่ 3.20 ช่องทางลงถังบรรจุฟ่าง..... 75
ภาพที่ 4.1 ฟ่อนฟ่างที่นำมาใช้ทดลอง..... 77
ภาพที่ 4.2 แสดงการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ..... 77
ภาพที่ 4.3 แสดงการนำฟ่อนฟ่างใส่ลงในเครื่องหั่นย่อยฟ่างอัดฟ่อน..... 78
ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟ่าง..... 78
ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบกองฟ่างที่ตัดได้ขนาดกับฟ่างที่ไม่ได้ขนาด..... 78
ภาพที่ 4.6 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง..... 79
ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm..... 83
ความชื้น 9-10%db
ภาพที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm..... 83
ความชื้น 10-11%db
ภาพที่ 4.9 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปรียบเทียบชุดใบมีด 2ชนิด..... 84
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร..... 84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษาโครงงานนี้

การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นโคนมและโคเนื้อ ได้รับการส่งเสริมจริงจังจากภาครัฐและเอกชน ดังจะเห็นได้จากจำนวนโคนมในปัจจุบันมีมากกว่า 4 แสนตัว แต่ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการการบริโภค และโคเนื้อที่มีจำนวนโคเพิ่มเพียง 263,728 ตัว แต่โคที่ถูกฆ่ามีจำนวนถึง 430,902 ตัว โดยไม่ได้รวมโคที่ลักลอบฆ่าอีก (ปี 2544) ดังนั้นจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงโค จึงต้องมีการเพิ่มจำนวนโคนมเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิตน้ำนมดิบ และมีการเพิ่มจำนวนโคเนื้อให้มากขึ้น การเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่ออาหารที่จะใช้เลี้ยงอย่างมากมาย ส่งผลให้จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงในด้านอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ ประเภทแรกได้แก่ อาหารข้น เป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของสารอาหารสูง ประเภทที่สองได้แก่ อาหารหยาบ เป็นอาหารที่มีเยื่อใยสูง อาหารหยาบในเขตร้อนอย่างประเทศไทยนิยมใช้หญ้าหรือฟางแห้งมาทำ เพราะสิ่งเหลือใช้จากการผลิตข้าวเปลือก คือ ฟาง ซึ่งมีปริมาณมหาศาล และประเทศไทยสามารถผลิตข้าวได้ปีละประมาณ 20 ล้านตันข้าวเปลือก โดยข้าวพันธุ์พื้นเมืองต้นสูงนั้นจะมีน้ำหนักของข้าวเปลือกเพียงประมาณ 25 - 30 % ของมวลทั้งหมด กล่าวคือ จะมีข้าวเปลือก 20 ล้านตัน แต่จะมีฟางจากการผลิตข้าวปีละประมาณ 50 - 60 ล้านตัน บางส่วนถูกไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน บางส่วนซึ่งเป็นปริมาณมากที่สุดถูกเผาทิ้ง สร้างมลภาวะแก่สภาพแวดล้อม มีเพียงปริมาณเล็กน้อยที่ถูกนำมาใช้เป็นประโยชน์ ดังนั้นจึงนิยมนำหญ้าหรือฟางแห้งมาใช้เป็นอาหารหยาบ อาหารทั้ง 2 ชนิดจะมีความสำคัญเท่าๆกันและต้องมีความสัมพันธ์กัน การให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียวโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟางข้าว ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารต่ำ และมีโภชนาการไม่เพียงพอ จำเป็นที่ต้องให้อาหารข้นเสริมเพื่อช่วยให้สัตว์เลี้ยงได้รับสารอาหารเต็มตามความต้องการ ทั้งนี้คุณภาพของอาหารหยาบจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของอาหารข้นด้วย ถ้าอาหารหยาบที่ให้แก่โคมีคุณภาพต่ำอาหารข้นที่จะใช้เสริมจำเป็นต้องมีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพของอาหารข้นแล้ว ยังเป็นตัวควบคุมในเรื่องการกินอาหารของแม่โคด้วย เพราะถ้าใช้อาหารหยาบคุณภาพต่ำโคจะย่อยได้น้อย ทำให้การกินอาหารลดลงตามไปด้วย เกษตรกรควรจะหาวิธีการที่จะแก้ปัญหานี้ เช่นการสับฟางเป็นชิ้นเล็กๆแล้วนำไปผสมรวมกับอาหารข้นหรืออาหารเสริมต่างๆเข้าด้วยกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำให้โคไม่เลือกกินอาหารเฉพาะอย่าง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียของอาหารที่โคไม่ได้กิน อาหารที่มีการผสมชนิดของวัตถุดิบอาหารทั้งหมดเข้าด้วยกันเรียกว่า อาหารผสมรวม หรือ Total Mixed Rations หรือ TMR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ที่จะช่วยในการหั่นย่อยฟางหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าหรือนำมาเป็นอาหารสัตว์ อุปสรรคของการนำฟางข้าวมาใช้เป็นประโยชน์ คือ การที่ต้องหั่นเป็นท่อนสั้นๆ เพื่อให้เหมาะสมในการใช้เป็นส่วนผสม ในการทำอาหารผสมในอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรจะใช้แรงงานคนสับหั่น ซึ่งนอกจากจะเป็นงานที่เหนื่อยยากมากแล้ว ยังเสียเวลาและแรงงานมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูง ต่อมาได้มีการดำเนินงานเพื่อพัฒนาเครื่องหั่นฟาง โดยการดัดแปลงจากเครื่องจักรกลต่างๆ ที่มีอยู่ เช่น เครื่องหั่นใบยา หรือดัดแปลงจากเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ เพื่อผลิตจำหน่ายในประเทศไทยมาบ้างแล้ว แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากมีขีดความสามารถ ประสิทธิภาพการทำงาน ตลอดจนความแข็งแรงทนทานต่ำและไม่แน่นอน อีกทั้งยังไม่สามารถหั่นย่อยฟางทั้งฟ่อนได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญของเครื่องหั่นฟางที่ผลิตจำหน่ายในประเทศ ส่วนเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่ต่างประเทศมีราคาสูง ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสมให้มีขีดความสามารถในการทำงานอีกทั้งประสิทธิภาพการทำงาน และความแข็งแรงทนทานสูง เพื่อช่วยลดต้นทุนและช่วยประหยัดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการให้อาหาร และต่อไปในอนาคตรัฐบาลจะส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนนำมาใช้เองเพื่อลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เครื่องนี้จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกษตรกรเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวและชุมชน ซึ่งประเทศไทยก็จะสามารถดำรงอยู่ในสภาวะแบบพอเพียง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวสำหรับทำอาหารผสมเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถหั่นฟางได้อย่างต่อเนื่อง
2. เพื่อทดสอบประเมินผลการทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนที่ทำการพัฒนา
3. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตอาหารผสม

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. การนำเครื่องหั่นฟางมาใช้ จะมีผลดีในด้านของปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เนื่องจากความยาวของเส้นฟางที่ได้มีขนาดตามต้องการ

2. การใช้เครื่องหั่นฟางนี้เพื่อทดแทนเครื่องหั่นแบบเดิมและทดแทนแรงงานคน จะช่วยในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. เพื่อพัฒนาเครื่องหั่นฟางข้าวให้สามารถทำการหั่นเพื่อให้ได้ความยาวของเส้นฟางที่สม่ำเสมอ และสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2. ประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่น

3. ทดสอบการใช้งานจริง เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานที่เหมาะสมกับการหั่น

4. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง ในแง่ของความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการยอมรับของเกษตรกรผู้ใช้

1.5 ขอบเขตการออกแบบ

1. เครื่องหั่นย่อยฟางข้าวถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้หั่นฟางข้าวทั้งฟ่อนได้ที่ทุกๆระดับความชื้นของฟางข้าว

2. ฟางฟ่อนข้าวที่ใช้ในการหั่นต้องมีขนาดตามมาตรฐานที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

3. เครื่องหั่นที่ทำการออกแบบจะสามารถหั่นฟางข้าวให้มีความยาวที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารผสม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องต้นแบบที่ใช้สำหรับการหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนที่สามารถหั่นฟางสำหรับการทำอาหารผสมได้และสามารถหั่นย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆเพื่อเป็นเชื้อเพลิง

2. สามารถแก้ปัญหาการหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนที่จะนำไปทำอาหารผสม และ เพื่อการพัฒนาไปสู่ระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทน

3. ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาการกำจัดฟาง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรจากการนำเศษวัสดุเหลือใช้ขายส่งให้ทางโรงงานไฟฟ้าพลังงานทดแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอาหารผสมสำหรับโค, การจัดการให้อาหารโคนม, คุณสมบัติของต้นข้าว, งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงพลังงานมวลชีวภาพ และ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

บทที่ 3 กล่าวถึงออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยใหม่ที่มีการออกแบบให้เป็นระบบและพัฒนาระบบการหั่นให้มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมในการใช้งานตามสภาวะแวดล้อมจริง

บทที่ 4 กล่าวถึงการหาค่าสมรรถนะของการทำงานของเครื่องหั่นฟางที่สร้างขึ้น ในห้องปฏิบัติการและในพื้นที่จริง ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องหั่นฟางที่สร้างขึ้น ทดแทนเครื่องหั่นฟางแบบเดิม

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อาหาร "TMR" กับการเลี้ยงโคนม – โคเนื้อ

ภาพที่ 2.1 อาหารผสมสำเร็จรูป

คำว่า "TMR" มาจาก Total Mixed Ration หรือ Complete Ration (CR) หรือ อาหารผสมสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมาจากการนำอาหารหยาบ และอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยต้องคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิด จากน้ำหนักแห้งให้ได้ตามความต้องการของโค แล้วนำไปเลี้ยงโคนมและโคเนื้อแทนการเลี้ยงแบบเดิม ซึ่งจะแยกการให้อาหารหยาบและอาหารข้น เช่น ในโคนมผู้เลี้ยงจะให้อาหารหยาบตลอดทั้งวันแบบให้กินเต็มที่ และให้อาหารข้นเสริมวันละ 1-2 ครั้ง/วันขณะรีดนม เป็นต้น ปัจจุบันมีบริษัทผลิตอาหารผสมสำเร็จรูปออกมาจำหน่ายทั้งในรูปอาหารผสมสำเร็จรูปอัดเม็ด อาหารผสมสำเร็จรูปแบบผง หรืออาหารผสมสำเร็จรูปแบบหมัก

2.1.1 บทบาทของอาหาร TMR

ความเป็นกรด-ด่าง (PH)ในกระเพาะรูเมน มีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนคงที่จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมควรเป็น 6.0-6.5 ซึ่งมีผลโดยตรงมาจากอาหาร ถ้าให้โคได้กินอาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะเปลี่ยนแปลงไปตามอาหารที่ให้ตลอดเวลา กล่าวคือ ถ้าให้โคกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่ย่อยได้สูงสภาพในกระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมีความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ถ้าให้อาหารข้นปริมาณมากโอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในโคนมไขมันในน้ำนมจะต่ำและมีกรดในกระเพาะสูง เมื่อโคได้กินหญ้าหรืออาหารหยาบความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากโคจะมีการเคี้ยวเอื้อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมน จะช่วยปรับสภาพในกระเพาะรูเมนให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ดังนั้น การ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อาหารหยาบและอาหารข้นพร้อมๆ กันในรูปของอาหาร TMR (อาหารผสมสำเร็จรูป) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่

ภาพที่ 2.2 อาหารโคนม-โคเนื้อ

2.1.2 ลักษณะของอาหาร TMR

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

1. ประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสมควรมีระดับพลังงานและโปรตีนครบตามความต้องการของสัตว์ระยะต่างๆ โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งตามอายุและผลผลิตของโค

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

5. สภาพอาหารต้องไม่มีรา หรือมอด และควรมีความน่ากินเป็นที่สนใจของโค

2.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ผสมในอาหาร TMR

ในการประกอบสูตรอาหาร TMR ต้องใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณสมบัติที่ดีเช่นเดียวกับการประกอบสูตรอาหารข้น อาหาร TMR จะประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แหล่งอาหารหยาบ ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีศักยภาพในด้านการย่อยได้ และอัตราการย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าอัตราการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้

2. แหล่งอาหารข้นประกอบด้วยแหล่งอาหารโปรตีน เช่น พวกกากถั่วเหลืองๆ กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลังแห้ง 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 มีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของโค และโคจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศน์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

2. ทำให้กระเพาะรูเมนของโค ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. อาหารในกระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น

4. ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น

5. ทำให้มั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดป่วยเป็นโรคมีกรดในกระเพาะมากกับโค

6. ทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่

7. จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบ และสะดวกในการให้อาหาร

2.1.5 ส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR

สูตรผสมและส่วนประกอบทางโภชนะของ TMR ขึ้นกับความต้องการของสัตว์ ตัวอย่างเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

<u>หมายเหตุ</u> - อาจใช้เมล็ดนุ่นแทน
- อาจใช้กากนุ่นหรือกากงาแทน
- แร่ธาตุสูตรกรมปศุสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ดังนั้นสัตว์จะย่อยไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าปกติ นอกจากนั้น ยังมีการนิยมใช้กากปาล์ม ซึ่งมีกะลาปาล์มปนค่อนข้างมากเป็นแหล่งเยื่อใย ซึ่งจะทำให้โคมีอาการเบื่ออาหาร และการให้ผลผลิตลดลง มีการสูญเสียโภชนะระหว่างขบวนการเตรียมTMR เช่น การอัดเม็ดหรือการหมัก โดยเฉพาะกรณีหลังนี้จะมีการทำลายโปรตีน และแป้งใน TMR ระหว่างการหมักโดย จุลินทรีย์ทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์น้อยกว่าที่ประมาณการไว้ มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดจากการได้รับสาร NPN (Nonprotein Nitrogen) สูงค่อนข้างมากทั้งนี้เพราะ ผู้ผลิตมักนิยมผสมยูเรียไปเพื่อเพิ่มโปรตีน และแนะนำให้กินเฉพาะ TMR อย่างเดียวเต็มที่ ดังนั้น ถ้าสัตว์ได้รับยูเรียมากกว่าวันละ 30 กรัม / น้ำหนักตัว 100 กก. จะทำให้เกิดพิษ ซึ่งผู้ผลิตและผู้ใช้จะต้องระวังที่จุดนี้ให้มาก ในทางปฏิบัติอาหาร TMR ไม่ควรใส่ยูเรียเกิน 1% และมักผสมกากน้ำตาลด้วยในปริมาณ 5 – 10 %

2.2 อาหารข้น (Concentrates)

อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีจำนวนโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total Digestible Nutrient; TDN) สูง และมีเยื่อใยต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 18) ได้แก่อาหารจำพวกเมล็ดพืช หรือผลพลอยได้จากพืชและอาหารที่มาจากสัตว์ เช่น รำ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง กากเมล็ดถั่วต่างๆ กากมะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงอาหารจำพวกแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ ด้วย

2.2.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทพลังงาน

- **ข้าวโพด (Corn หรือ maize)** ข้าวโพดที่ใช้เลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีมากมายหลายพันธุ์ ทั้งพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และได้รับการปรับปรุงพันธุ์เป็นพันธุ์ลูกผสม ที่นิยมปลูกในปัจจุบันจะเป็นพันธุ์ลูกผสม เช่น พันธุ์ CP 888 และพันธุ์ Pacific 928 ซึ่งทั้งสองพันธุ์ให้ผลผลิตสูงเมล็ดข้าวโพดมีแป้งประมาณ 65% มีโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ประมาณ 80% และให้พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) ประมาณ 3.3 Mcal/kgDM มีไขมันประมาณ 3 - 6% มีเยื่อใยต่ำประมาณ 2 - 3% มีโปรตีนค่อนข้างต่ำอยู่ระหว่าง 7 - 9 % ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ ขนาดของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นและสิ่งปลอมปน ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยจะเป็นข้าวโพดที่มีสีเหลือง มีส่วนประกอบของสารแคโรทีน (Carotene) และสารแซนโทฟิล (Xanthophyll)

การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรบดก่อน แต่ไม่ควรบดละเอียดจนเกินไป ข้าวโพดที่บดแล้วจะเก็บไว้ได้นานต้องมีความชื้นไม่เกิน 12% ข้าวโพดใช้ผสมอาหารได้ดีถึง 70 - 80% การบดเมล็ดข้าวโพดให้ละเอียดพอสมควรจะช่วยให้สัตว์ย่อยได้ดี และเมื่อใช้ผสมอาหารอื่นๆ จะคลุกเคล้าได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามข้าวโพดที่เก็บไว้นานๆ อาจมีความชื้นสูง อาจมีราพวก Aspergillus flavus ซึ่งผลิตสาร Aflatoxin ซึ่งเป็นพิษต่อสัตว์

- **มันสำปะหลัง (Cassava หรือ Tapioca chip)** เป็นพืชหัวที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ทั้งในรูปของมันเส้น กากมันสำปะหลัง (ผลพลอยได้จากการทำแป้งมันสำปะหลัง) หรือใช้ในรูปมันอัดเม็ด มันสำปะหลังมีพลังงานค่อนข้างสูง มียอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 90% เยื่อใยประมาณ 3.4% ไขมันประมาณ 0.8% โปรตีนต่ำประมาณ 2.0% ในหัวมันและใบมันสดมีกรดไฮโดรไซยานิด หรือกรดพรัสสิค ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์ แต่สามารถทำลายหรือลดความเป็นพิษได้โดยความร้อนโดยการผึ่งแดด อาการของสัตว์ที่ได้รับสารพิษจากมันสำปะหลังจะคล้ายๆ กับอาการเป็นพิษจากการได้รับยูเรียในปริมาณมาก

- **รำข้าว (Rice bran)** เป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว สามารถแบ่งแยกออกได้หลายชนิด เช่น รำหยาบ รำละเอียด นอกจากนี้ยังมีการนำรำละเอียดไปทำการสกัดน้ำมันรำข้าว กากที่เหลือเรียกว่ากากรำ หรือรำสกัดน้ำมัน

- **รำหยาบ** มีส่วนของเปลือกนอกติดกับเมล็ดข้าว (Bran) ส่วนของจมูกข้าว (germ) ส่วนของปลายข้าว (broken rice) ส่วนของเมล็ดข้าว (endosperm) และอาจมีส่วนของแกลบปนมาบ้าง รำหยาบมีเยื่อใยและซิลิกาค่อนข้างสูง มียอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 72% มีโปรตีนรวมประมาณ 7 - 8% เยื่อใยประมาณ 13% และมีไขมันประมาณ 10%

- **รำละเอียด** ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ดข้าว ปลายข้าวและมีแกลบปนเล็กน้อย มียอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 86% มีโปรตีนประมาณ 12% มีไขมันค่อนข้างสูงประมาณ 12 - 13%

- **รำสกัดน้ำมัน** ได้จากการนำรำละเอียด หรือรำสดไปสกัดน้ำมันด้วยสารเคมี กากรำที่ได้มีโปรตีนสูงประมาณ 14 - 15% เยื่อใย 13 - 15% ยอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 61%

- **รำข้าวสาลี (Wheat bran)** ผลพลอยได้จากการสีข้าวสาลี มีโปรตีนประมาณ 14 - 16% ยอดโภชนะย่อยได้ประมาณ 70% มีปริมาณเยื่อใยค่อนข้างสูง ประมาณ 7 - 12% รำข้าวสาลีโดยทั่วไปมีลักษณะฟ่าม (bulky) และมีคุณสมบัติเป็นยาระบายอ่อนๆ สามารถใช้แทนรำข้าวได้

- **กากน้ำตาล (Molasses)** กากน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาลมีคุณค่าพลังงานสูง นิยมใช้ในส่วนผสมอาหารข้นเพื่อเพิ่มความน่ากิน ช่วยในการอัดเม็ดอาหารได้ดีขึ้น มักใช้ร่วมกับการใช้ยูเรีย มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 55 - 75% มีโปรตีนประมาณ 3 - 7% มีน้ำตาลมากกว่า 48% ไม่ควรใช้เกิน 15% ในโคที่โตเต็มที่ ส่วนสำหรับลูกโคไม่ควรเกิน 8% เพราะอาจทำให้สัตว์เกิดอาการท้องร่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีน

- กากมะพร้าว (Coconut meal) ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้ง ไม่มีส่วนของกะลา แต่อาจมีส่วนของเปลือกชั้นในติดมาบ้าง เนื้อในมะพร้าวเมื่อแยกเอาน้ำมันออกแล้วจะเหลือส่วนของกากประมาณ 30 - 40% ส่วนใหญ่จะสกัดน้ำมันออกด้วยวิธีการ expeller ซึ่งจะเหลือน้ำมันอยู่ประมาณ 8% กากมะพร้าวจะมีโปรตีนประมาณ 19.6% เยื่อใยประมาณ 15% กากมะพร้าวที่ดีควรมีสีค่อนข้างขาวนวล หรือสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอม

- กากเมล็ดทานตะวัน (Sunflower meal) ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันทานตะวันจากเมล็ดทานตะวัน มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับวิธีการสกัดน้ำมัน คือ กากเมล็ดทานตะวันชนิดสกัดน้ำมันทั้งเมล็ดมีโปรตีนประมาณ 26% เยื่อใย 23.7% ไขมัน 4.5% โภชนะย่อยได้ 66% ส่วนชนิดที่อัดน้ำมันจากเมล็ดที่กะเทาะเปลือกแล้วมีโปรตีนประมาณ 34% เยื่อใย 13% ไขมัน 14% โภชนะย่อยได้ 80% ชนิดที่สกัดน้ำมันด้วยสารเคมีจากเมล็ดที่กะเทาะเปลือกแล้ว มีโปรตีนสูงถึงประมาณ 41% เยื่อใย 16% ไขมัน 4% และโภชนะย่อยได้ 70% กากทานตะวันที่ได้จากการสกัดน้ำมันจะมีสีเทา สามารถใช้ในอาหารโคนมได้ดี

- กากถั่วเหลือง (Soybean meal) เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันถั่วเหลือง กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันด้วยสารเคมีจะมีโปรตีนอยู่ประมาณ 44 - 50% มีไขมันเหลืออยู่น้อยมาก (0.5 - 1.0%) มีเยื่อใยต่ำ (<7%) มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 71 - 80% เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีราคาค่อนข้างสูง จึงมักพบว่ามีการปลอมปนด้วย รำ ซังข้าวโพดบด กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดฝ้าย

- กากเมล็ดฝ้าย (Cotton seed meal) ได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันจากเมล็ดฝ้าย ส่วนที่เหลือคือกากเมล็ดฝ้ายมีโปรตีนสูงประมาณ 41% โภชนะย่อยได้ประมาณ 78% ไขมัน 5 - 6% เยื่อใย 23% มีสารพิษกอสซิปอล (gossypol) ลักษณะทั่วไปจะมีสีน้ำตาลแก่ สามารถใช้ได้ดีในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนม

- กากเมล็ดนุ่น (Kapok seed meal) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันจากเมล็ดนุ่น มีโปรตีนประมาณ 22 - 28% ไขมัน 2.6% เยื่อใย 24 - 27% โภชนะย่อยได้ 60%

- กากเมล็ดปาล์ม (Palm seed meal) เป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มจากเมล็ดปาล์ม มี 2 ชนิด คือ กากปาล์มทั้งเมล็ด (ไม่กะเทาะเปลือก) กากปาล์มชนิดนี้มีโปรตีนต่ำ ประมาณ 5 - 6% มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 62 - 67% และมีเยื่อใยสูงมาก ส่วนอีกชนิดหนึ่งเป็นกากปาล์มเนื้อใน (กะเทาะเปลือก หรือกะลาออกก่อนแล้ว) มีโปรตีนสูงกว่า คือประมาณ 13 - 15% มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 76%

- กากถั่วลิสง (Peanut meal) ได้จากการอัดน้ำมันหรือสกัดน้ำมันจากเมล็ดถั่วลิสง กากถั่วลิสงมีโปรตีนประมาณ 44 - 50% โภชนะย่อยได้ประมาณ 84% มีเยื่อใยประมาณ 5.5 % ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นกากถั่วลิสงประเภทอัดน้ำมัน จึงยังคงมีไขมันเหลืออยู่มาก อาจถึง 13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงมีโอกาสหืนเร็วและขึ้นราได้ง่าย และมักตรวจพบสารพิษอะฟลาทอคซิน (Aflatoxin) ควรระมัดระวังในการใช้เป็นพิเศษ

- **กากเมล็ดยางพารา (Rubber seed meal)** กากเมล็ดยางพาราน่าจะเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สำคัญของไทย เพราะมีในปริมาณมาก มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างดี คือมีโปรตีนประมาณ 15 - 22% ถ้าเป็นชนิดกะเทาะเปลือกมีโปรตีนถึงประมาณ 26 - 29% มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 64%

ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารข้น

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
กากมัน สำปะหลัง	68.8	-	70.4	0.9	0.7	4.6	78.8	1.6	-	0.03
กากมัน สำปะหลังสด	20.0	0.2	9.9	0.5	0.1	0.3	18.8	0.3	-	-
กากเมล็ดนุ่น	86.0	23.4	62.4	29.2	5.5	19.0	25.8	6.8	-	-
กากเมล็ดนุ่น กะเทาะเปลือก	-	-	-	45.2	7.02	-	-	9.1	1.39	0.35
กากเมล็ด ยางพารา	91.1	20.8	63.4	28.8	9.2	10.0	37.6	5.5	-	0.69
กากเมล็ดงา	93.7	39.4	71.3	43.3	9.0	6.2	23.6	11.6	2.02	1.61
กากมะพร้าว	91.7	18.0	68.6	20.0	11.6	11.5	42.6	6.0	0.21	0.64
กากเมล็ดฝ้าย ทั้งเปลือก	92.4	20.2	58.6	28.0	5.2	21.4	33.2	4.6	0.17	0.64
กากเมล็ดฝ้าย กะเทาะเปลือก	92.6	33.7	72.3	42.1	6.1	10.5	28.3	5.6	0.19	1.97
กากถั่วเหลือง	90.9	37.2	78.4	44.3	5.3	5.7	29.6	6.0	0.29	0.86
กากถั่วลิสง	93.0	41.9	68.5	47.1	1.5	14.9	25.0	4.5	0.16	0.54
กากเมล็ด ทานตะวัน	94.3	45.0	70.8	49.5	4.9	5.4	28.6	5.9	0.26	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
กากชานอ้อย	90.3	-	41.0	1.7	0.9	40.06	39.9	7.2	-	-
กากเต้าหู้สด	14.1	4.7	12.8	5.5	0.7	1.6	5.8	0.5	-	-
กากเต้าหู้แห้ง	90.8	-	-	21.9	6.9	20.9	36.7	4.5	-	-
กากเบียร์แห้ง	93.0	22.0	67.1	27.5	6.0	14.2	41.1	3.7	0.29	0.48
กากเบียร์สด	23.7	4.0	16.1	5.7	1.6	3.6	11.8	1.0	0.70	0.12
กากเมล็ดปาล์ม	91.4	15.4	76.5	19.2	6.7	11.9	49.7	3.9	-	0.69
กากน้ำตาลอ้อย	73.4	11.0	53.7	3.0	-	-	61.7	8.6	0.66	0.08
กากสับปะรดแห้ง	85.3	1.0	60.1	4.0	1.9	19.4	57.2	2.8	0.16	0.15
ก้ามปู, ฝัก	91.4	-	-	19.3	4.2	20.9	42.8	1.69	-	-
แกลบกุ้ง	89.7	37.8	43.5	46.7	2.8	11.1	1.3	27.8	-	-
กระดูกป่น	96.4	-	-	7.1	3.3	0.8	3.9	81.3	52.61	15.2
เปลือกหอย	-	-	-	-	-	-	-	-	37.00	-
ข้าวเปลือก	88.8	6.0	70.0	7.9	1.8	9.0	64.9	5.0	2.8	0.32
ข้าวกล้อง	87.8	7.0	81.0	9.1	2.1	1.1	74.5	1.1	0.04	0.25
ข้าวปลาย	88.3	5.8	81.6	7.5	1.6	1.6	78.8	1.8	0.04	0.10
ข้าวฟ่าง	89.6	8.4	79.9	10.8	2.8	2.3	71.7	2.0	0.02	0.32
ข้าวโพดเมล็ด	85.0	6.7	80.1	8.7	3.9	6.2	60.2	1.2	0.32	0.27
ข้าวโพดทั้งฝัก	68.1	5.3	73.2	7.5	3.2	8.0	66.3	1.3	1.02	0.22
ถั่วเหลืองเมล็ด	90.0	33.7	87.6	37.9	18.0	5.0	24.5	4.6	0.25	0.59
ถั่วลิสงเมล็ด	94.6	27.7	136.9	3.4	47.7	2.5	11.7	2.3	0.06	0.45
ถั่วเขียวเมล็ด	90.7	20.1	77.9	25.7	1.3	5.2	64.2	3.5	0.14	0.35
ยางเมล็ด	70.0	10.1	86.1	12.6	36.6	1.3	17.7	1.8	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
มันสำปะหลัง สด, หัว	32.6	0.8	25.7	1.1	0.3	1.4	28.8	1.0	-	0.04
มันเทศแห้ง	88.0	6.0	62.9	7.9	1.1	4.0	69.5	3.5	0.09	0.15
มันเทศสด	31.8	0.2	25.6	1.6	0.5	1.9	26.7	1.2	0.04	0.04
รำข้าวหยาบ	91.1	7.7	65.4	10.4	7.4	8.6	54.7	10.1	0.08	1.36
รำข้าวละเอียด	85.7	10.3	66.2	15.2	13.2	9.9	34.6	12.8	0.05	1.18
รำข้าวอัดน้ำมัน	90.9	9.7	55.3	14.3	3.1	12.0	47.9	13.6	-	1.29
เลือดแห้ง	91.6	58.4	60.4	82.2	1.9	0.9	0.9	5.7	0.32	0.25
เนื้อป่น	94.5	48.1	68.8	56.6	9.9	2.1	4.5	21.4	7.33	3.93
ส่าเหล้าแห้ง	88.8	-	-	29.7	16.1	5.7	29.0	8.3	-	-
ปลาป่นจืด	90.1	44.3	60.4	58.3	7.4	0.7	3.4	19.9	7.28	3.55
ทานตะวันเมล็ด	93.6	13.9	76.3	16.8	25.9	29.0	18.8	3.1	0.17	0.52
นมผง	96.8	22.3	118.7	24.8	26.2	0.2	40.2	5.4	0.91	0.76
นมผง, หาง	94.2	31.2	80.7	34.7	1.2	0.2	50.3	7.8	1.3	1.03
นมสด	12.8	6.2	13.6	3.5	3.7	-	4.9	0.7	0.12	0.09
นุ่น เมล็ด	92.7	10.4	73.0	-	-	-	-	-	-	-
ยูเรีย	-	-	-	280	-	-	-	-	-	-

2.3 อาหารหยาบ (Roughages)

อาหารหยาบเป็นอาหารหลักสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีราคาถูกและมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ อาหารหยาบมักหมายถึงอาหารที่มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่เกินกว่าร้อยละ 18 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งได้แก่ส่วนของใบและต้นพืช โดยเฉพาะพืชตระกูลหญ้า และตระกูลถั่ว ทั้งนี้หมายรวมถึงผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่นฟางข้าว ยอดอ้อย ชานอ้อยและอื่นๆ ชนิดพืชตระกูลหญ้าและตระกูลถั่ว รวมทั้งการเก็บถนอมอาหารหยาบจากพืชทั้งสองตระกูล การปลูกสร้างทุ่งหญ้ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์หลักเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์โดยเฉพาะ การปลูกประกอบด้วยหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ การคัดเลือกพันธุ์พืช การขยายพันธุ์ การใส่ปุ๋ย และที่สำคัญคือการจัดการทุ่งหญ้า

อาหารหยาบอาจแบ่งได้ตามคุณภาพของอาหาร ดังนี้

- อาหารหยาบคุณภาพต่ำ (โปรตีนไม่เกิน 5%) ได้แก่ ฟางข้าว หญ้าหลังการเก็บเมล็ด ยอดอ้อย ต้นข้าวโพดหวาน และหญ้าที่มีอายุการตัดเกิน 8 สัปดาห์ขึ้นไป

- อาหารหยาบคุณภาพปานกลาง (โปรตีน 5-7%) ได้แก่ หญ้าชนิดต่างๆที่อายุการตัดไม่เกิน 8 สัปดาห์

- อาหารหยาบคุณภาพดีมาก (โปรตีน 10%ขึ้นไป) ได้แก่ หญ้าชนิดต่างๆที่อายุการตัดไม่เกิน 6 สัปดาห์ เปลือกและไหมข้าวโพด และมีพืชตระกูลถั่วผสมอยู่ด้วย

2.3.1 พันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในเมืองไทย

พันธุ์หญ้า (Grass Species) ประมาณกันว่าในโลกมีพืชตระกูลหญ้าทั้งหมดกว่า 10,000 ชนิด (Species) แต่ที่ใช้ในการปลูกสร้างทุ่งหญ้ามีประมาณ 40 ชนิด สำหรับในเขตร้อนอย่างประเทศไทยมีการใช้เพื่อทำทุ่งหญ้าเพียง 15-20 ชนิดเท่านั้น ที่จะนำมากล่าวในที่นี้จะเลือกเฉพาะพันธุ์ที่นิยมใช้กันมากและสามารถหาส่วนขยายพันธุ์ได้เท่านั้น ซึ่งมีพันธุ์หญ้าดังนี้ คือ

1. หญ้าขน (Para Grass หรือ Mauritius) Brachiaria mutica

แหล่งดั้งเดิม อยู่ในเขตร้อนของแอฟริกา นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2472 จากประเทศมาเลเซีย โดย R.P. Jones

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial มีการเจริญเติบโตแบบกึ่งเลื้อยกึ่งตั้ง Stolon จะทอดขนานบนพื้นดินและมีรากพร้อมทั้งกิ่งก้านแตกออกมาจากข้อ ข้อและกาบใบมีขนสีขาวปกคลุม

ลักษณะทางการเกษตร เหมาะสมกับบริเวณที่ชื้นแฉะ ที่ราบลุ่ม ขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภท ทนทานต่อน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานๆ

การปลูก ปลูกโดยใช้ส่วนของลำต้นที่แก่แล้ว (สังเกตได้ว่ามีใบตายหุ้มอยู่ที่บริเวณข้อ) โดยการหว่านท่อนพันธุ์ลงบนพื้นที่ที่ได้ไถพรวนแล้ว หลังจากนั้นก็จะพรวนกลบ การปลูกควรทำในช่วงต้นฤดูฝน ถั่วที่ขึ้นร่วมกับหญ้าขนได้ดีคือถั่วเซนโตร (ถั่วลาย, Centrosema pubescens) แต่ต้องในสภาพดินที่มีการระบายน้ำได้ดี

การใช้ประโยชน์ หลังปลูกควรปล่อยให้หญ้าขนตั้งตัวก่อนประมาณ 80-90 วัน จึงใช้ประโยชน์ ในระยะแรกระบบรากยังไม่แข็งแรงพอการปล่อยโคลงแทะเล็มต้องจัดการดูแลให้ดีเพื่อป้องกันการทำลายต้นอ่อน

คุณค่าทางอาหาร อ่อน 11.8 % CP, แก่ 7.8 % CP, 50 % TDN

2. หญ้ารูซี่ (Ruzi Grass หรือ Congo Grass) Bachiaria ruziziensis

แหล่งดั้งเดิม ประเทศ Congo นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2511 โดยองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial การเจริญเติบโตคล้ายหญ้าขน มีใบเล็กกว่าหญ้าขน มีเหง้า (Rhizome) กาบใบจะยาวกว่าปล้องของลำต้น มีขนปกคลุม ใบมีขนยาวปกคลุมหนาแน่น ใบนิ่มกว่าใบหญ้าขน

ลักษณะทางการเกษตร ขึ้นได้ดีในเขตร้อนชื้น มีฝนตกชุก ดินมีการระบายน้ำได้ดี ขึ้นได้ในดินหลายชนิด มีความทนทานต่อการแทะเล็ม

การปลูก นิยมใช้เมล็ดพันธุ์ อัตราปลูก 1- 2 กก./ไร่ ถั่วที่สามารถขึ้นร่วมได้คือถั่วเซนโตร (Centrosema pubescens) และถั่วฮามาต้า (Stylosanthes hamata)

การใช้ประโยชน์ ในสภาพทุ่งหญ้าผสมระหว่างหญ้ารูซี่กับถั่วฮามาต้า พบว่าหลังจากปลูกประมาณ 55 วัน ก็สามารถปล่อยโคลงแทะเล็มได้ โดยให้ผลผลิต 1.8 ตันน้ำหนักสด/ไร่ (ที่อัตราปลูกหญ้ารูซี่:ถั่วฮามาต้า = 2 : 4 กก./ไร่) แต่ในสภาพทุ่งหญ้าเดี่ยวควรปล่อยให้โคลงแทะเล็มเมื่อหญ้ามีอายุประมาณ 80 วัน หรือสังเกตจากการเจริญเติบโตครอบคลุมพื้นที่

คุณค่าทางอาหาร อ่อน 14 % CP, แก่ 7.8 % CP, 55 % TDN

3. หญ้าเนเปียร์ (Napier Grass หรือ Elephant Grass) Pennisetum purpureum

แหล่งดั้งเดิม ในเขตร้อนของแอฟริกา นำเข้าประเทศไทยโดย R.P. Jones

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า (Rhizome) ลำต้นสูงจากพื้นดิน180 - 240 ซม. ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะแตกเป็นกอใหญ่มาก มีใบยาวเรียวคล้ายอ้อย แต่มีความกว้างของใบน้อยกว่า

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากแข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ชอบที่ชื้นแฉะโดยเฉพาะข้างคอกและหลังคอกที่มีทางระบายน้ำออกจากคอก

การปลูก ใช้ส่วนของลำต้นที่มีอายุประมาณ 6 เดือน ตัดเป็นท่อน ๆให้มีข้อ 2 - 3 ข้อ ฝังลงในดินลึกประมาณ 10 ซม. หรือปลูกเป็นหลุมๆ โดยให้ข้อฝังอยู่ใต้ดิน

การใช้ประโยชน์ ปกตินิยมตัดสดให้โค แต่ก็สามารถปล่อยโคลงแทะเล็มได้เมื่อคอยควบคุมไม่ให้หญ้าขึ้นสูงมากเกินไป หลังจากปล่อยแทะเล็มแล้วควรตัดให้หญ้ามีความสม่ำเสมอกัน

คุณค่าทางอาหาร อ่อน 9.5 % CP, แก่ 6 % CP, 55 % TDN

4. หญ้าสตาร์ (Star Grass หรือ African Star) Cynodon plectostachyus

แหล่งดั้งเดิม ในแอฟริกาตะวันออกนำเข้าประเทศไทยโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2504

ลักษณะทั่วไป ลำต้นเป็นแบบเถาเลื้อย มีไหล (Stolon) มากมายประสานเป็นร่างแห

ลักษณะทางการเกษตร ขึ้นได้ดีมากแม้แต่ในพื้นที่ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ ทนทานต่อการแทะเล็มและเหยียบย่ำของโค เจริญเติบโตได้เร็ว

การปลูก ใช้ส่วนของลำต้นขยายพันธุ์

การใช้ประโยชน์ ปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางอาหาร 7.6 % CP, 48 % TDN

5. หญ้าโร้ด (Rhodes Grass) Chloris gayana

แหล่งดั้งเดิม ในแอฟริกา นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2472 โดย R.P. Jones

ลักษณะทั่วไป ลำต้นเป็นแบบกอตั้ง มีไหล และมีรากอยู่ที่ข้อทุกข้อ

ลักษณะทางการเกษตร เจริญเติบโตได้เร็ว ปกคลุมพื้นที่ได้หนาแน่น ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี ทนทานต่อสภาพดินเค็มได้ดีกว่าหญ้าชนิดอื่น ไม่ทนแล้งเท่าใดนักเพราะรากอยู่ในระดับผิวดิน ทนทานต่อการถูกเผาได้ดี

การปลูก ใช้เมล็ดอัตรา 1 - 2 กก. /ไร่ ปลูกผสมกับถั่วเซนโตรและถั่วเซอราโตรได้ดี

การใช้ประโยชน์ ใช้ตัดสดให้โคกินหรือปล่อยโคลงแทะเล็ม มีความทนทานต่อการแทะเล็มได้ดี นอกจากนี้ยังนิยมปลูกเพื่อทำหญ้าแห้ง (Hay) เพราะมีลำต้นเล็กมาก แห้งได้เร็ว เมื่อทำเป็นหญ้าแห้งจะได้หญ้าแห้งที่มีคุณภาพดี

คุณค่าทางอาหาร 8-9 % CP, 57 % TDN

6. หญ้าบัฟเฟล (Buffel Grass) Cenchrus ciliaris

แหล่งดั้งเดิม อยู่ในแอฟริกา อินเดียและอินโดนีเซีย นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2498 จากประเทศฟิลิปปินส์ โดยกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (ตรีพล, 2527)

ลักษณะทั่วไป จัดเป็นหญ้ากอพุ่มประเภท Perennial ใบมีสีเขียวซีด

ลักษณะทางการเกษตร มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี ฟื้นตัวได้เร็วหลังการแทะเล็ม ชอบขึ้นในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดี

การปลูก ใช้เมล็ดอัตรา 1 - 2 กก. / ไร่ หรือแยกกอปลูก ปลูกรวมกับถั่วเซนโตรหรือเซอราโตรได้

การใช้ประโยชน์ เหมาะทั้งตัดสดและปล่อยโคแทะเล็ม สามารถใช้ทำหญ้าแห้งได้ดีอีกด้วย

คุณค่าทางอาหาร 11 % CP, 55 % TDN

7. หญ้ากินนี (Guinea Grass) Panicum maximum

แหล่งดั้งเดิม ในแอฟริกา อเมริกากลางและอเมริกาใต้ นำเข้ามาประเทศไทยเมื่อปี 2444 โดยเจ้าพระยาสุรวงศ์

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial มีลำต้นตั้งตรงคล้ายกอตะไคร้ มีเหง้า ข้อมีสีขาว ใบยาวเรียว

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากลึก ทนแล้งได้ดี ขึ้นได้ดีในที่ที่มีการระบายน้ำดี

การปลูก ใช้ส่วนลำต้นใต้ดินโดยการแยกกอ หรือใช้เมล็ดอัตรา 1 - 2 กก. /ไร่ สามารถปลูกใต้ต้นไม้ใหญ่ได้ ทนต่อร่มเงาได้ดี ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร ถั่วเซอราโตรได้

การใช้ประโยชน์ ใช้ได้ทั้งตัดสดและปล่อยโคลงแทะเล็ม ควรให้เหลือตอไว้ประมาณ 15 ซม. ถ้าต่ำมากอาจตายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

105124

คุณค่าทางอาหาร อ่อน 14 % CP, แก่ 8 % CP, 56 % TDN

พันธุ์ถั่ว (Legume Species) พืชตระกูลถั่วมีอยู่ด้วยกันทั้งหมดประมาณ 16,962 ชนิด แหล่งดั้งเดิมอยู่ในเขตร้อน ร้อนชื้น เมื่อมีการนำพันธุ์ถั่วจากแหล่งดั้งเดิมไปปลูกในท้องถิ่นต่างๆ ทำให้ลักษณะของลำต้นเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่ถั่วชนิดนั้นขึ้นอยู่ ถั่วที่นิยมปลูกเป็นพืชอาหารสัตว์มีดังนี้ คือ

1. ถั่วฮามาต้า (Hamata หรือ Verano Stylo) Stylosanthes hamata

แหล่งดั้งเดิม ในหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และอเมริกากลาง นำเข้ามาประเทศไทยปี 2514 โดย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ตรีพล, 2527)

ลักษณะทั่วไป เป็นประเภทกึ่ง Perennial การเจริญเติบโตในระยะแรกลำต้นจะตั้งตรง เมื่อมีอายุมากขึ้นจะมีกิ่งก้านแผ่ออกทางด้านข้าง ลำต้นมีขนาดเล็ก ใบย่อยมีรูปคล้ายหอก ดอกมีสีเหลือง

ลักษณะทางการเกษตร ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี

การปลูก ใช้เมล็ด อัตรา 4 - 6 กก./ไร่ แต่เมล็ดมีการพักตัว (Seed Dormancy) สูง ดังนั้นก่อนทำการปลูกควรทำลายการพักตัว (Break Dormancy) ก่อน โดยการนำไปแช่ในน้ำอุณหภูมิ 80° C นานประมาณ 10 นาที แล้วนำมาผึ่งให้แห้งก่อนนำไปปลูก

การใช้ประโยชน์ ปล่อยให้โคลงแทะเล็ม มีความทนทานต่อการแทะเล็มได้ดี ไม่ทนทานต่อสภาพร่มเงา

คุณค่าทางอาหาร 19 % CP, 50 % TDN (FAO, 1988)

2. ถั่วเซนโตร (ถั่วลาย, Centro) Centrosema pubescens

แหล่งดั้งเดิม อเมริกาใต้ ในประเทศไทยปลูกเป็นพืชคลุมดินในสวนยางมานานแล้ว

ลักษณะทั่วไป เป็นถั่วประเภทเลื้อย และเป็น Perennial มีเถาค่อนข้างเล็ก ใบไม่มีขน ดอกสีม่วงอ่อน ฝักจะแบนและหนา ยาว 7 - 15 ซม.

ลักษณะทางการเกษตร ทนทานต่อความแห้งแล้งและการแทะเล็มได้ดี สัตว์ชอบกิน

การปลูก ใช้เมล็ดอัตรา 2กก./ไร่ นิยมปลูกร่วมกับหญ้าหลายชนิด เช่น หญ้ากินนี หญ้าขน หรือร่วมกับหญ้าพื้นเมือง

การใช้ประโยชน์ ปลูกร่วมกับหญ้า อาจใช้ตัดสดหรือปล่อยโคลงแทะเล็มก็ได้

คุณค่าทางอาหาร 23 % CP, 50 % TDN (FAO, 1988)

3. ถั่วเซอราโตร (Siratro) Macroptilium atropurpureum

แหล่งดั้งเดิม อเมริกาใต้ นำเข้ามาประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2505 โดยองค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย จากประเทศออสเตรเลีย (ตรีพล, 2527)

ลักษณะทั่วไป เป็นถั่วประเภท Perennial ลำต้นมีขนขึ้นอยู่ทั่วไป ใบด้านบนมีขนน้อยกว่าด้านล่าง ใบย่อยที่อยู่ด้านข้างมีลักษณะคล้ายรูปไข่ ใบมีส่วนเว้าเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากแข็งแรง ทนแล้งได้ดี ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขัง

การปลูก ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดในอัตรา 2 กก./ไร่ นิยมปลูกร่วมกับหญ้ากินนี หญ้าโร้ด หรือหญ้าขน

การใช้ประโยชน์ ใช้ตัดสดหรือปล่อยโคลงแทะเล็ม

คุณค่าทางอาหาร 17 % CP, 50 % TDN (FAO, 1988)

ตารางที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารหยาบ

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
กระถินใบสด	32.5	4.0	17.2	6.1	0.7	12.3	11.2	2.2	0.28	0.07
กะหล่ำปลี	7.6	1.1	6.6	1.4	0.2	0.2	4.4	0.7	0.05	0.03
ข้าวโพดต้นสด	22.7	0.5	13.0	1.3	0.4	6.0	13.6	1.4	0.07	0.01
ข้าวฟ่างต้นสด	24.9	0.8	17.3	1.5	1.0	7.0	14.0	1.4	0.09	0.13
ดุดซูต้นสด	30.6	4.2	19.9	5.5	1.0	8.3	13.6	2.2	0.96	0.07
เซนโตรซีมาต้นสด	19.5	2.6	9.7	4.6	0.7	6.2	6.4	1.6	-	-
ถั่วเหลือง, ฝักอ่อน	24.2	3.1	15.5	4.0	1.0	6.4	10.4	2.4	0.37	0.07
ทาวสวิลสไดโล	25.3	-	-	4.4	0.8	6.2	9.6	4.3	0.43	0.19
แคใบสด	17.1	3.2	10.9	4.3	0.8	3.0	7.7	1.3	0.22	0.08
หญ้าคาอ่อน	29.6	1.0	17.3	1.7	0.7	11.5	14.1	1.7	-	-
หญ้าคาแก่	40.2	0.9	24.3	1.6	0.9	16.7	19.4	1.6	-	-
หญ้าแพนโกลา	20.7	-	-	2.2	0.5	5.8	9.7	2.5	0.11	0.07
หญ้าขน,ฤดูแล้ง	20.6	-	-	1.9	0.6	6.1	9.5	2.5	0.11	0.10
หญ้าขน, ฤดูฝน	24.4	-	-	1.8	0.6	7.7	11.2	2.1	0.07	0.09
หญ้าขน, เฉลี่ย	27.8	1.0	14.9	1.8	0.4	10.0	12.7	2.9	-	-
หญ้าสตาร์	31.5	1.8	15.2	2.4	0.7	10.8	14.7	2.9	0.12	0.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
หญ้าซูดาน	28.5	1.0	18.6	1.7	0.5	9.6	14.0	2.1	-	-
หญ้ากินนี	26.8	0.8	13.6	1.4	0.4	11.5	10.5	3.0	0.10	0.06
หญ้าเนเปียร์สูกผสม	21.9	0.7	12.5	1.1	0.3	9.0	8.9	2.6	0.07	0.12
หญ้าโร้ด	28.8	1.3	16.6	2.3	0.6	10.6	11.4	3.8	0.10	0.10
หญ้าแพรกยักษ์	25	2.0	15.0	2.8	0.5	6.4	12.2	3.1	-	-
ยอดอ้อย	25.7	0.6	12.5	1.3	0.4	8.4	12.3	3.3	0.02	0.06
ผักบุ้ง	6.2	-	-	2.2	0.5	0.7	2.4	0.5	-	-
ผักตบชวา	9.8	0.4	4.6	1.1	0.1	2.2	4.9	1.5	-	-
เถามันเทศ	12.3	1.9	7.7	2.9	0.4	1.7	6.1	1.3	0.09	0.04
กระถินใบแห้ง	91.2	18.3	66.8	24.4	4.6	14.9	39.4	7.9	0.76	0.19
ฤดซูแห้ง	89.8	10.2	49.3	15.2	2.3	29.4	36.6	6.6	2.78	0.21
ถั่วเหลืองต้นแห้ง	88.0	9.6	49.0	14.4	3.3	27.5	35.8	7.0	0.95	0.24
ถั่วลิสงต้นแห้งปลิดฝักแล้ว	90.6	5.4	47.3	10.0	3.2	23.6	44.2	9.6	1.12	0.13
แค่ใบแห้ง	88.1	12.8	60.2	16.6	2.3	4.3	56.8	8.1	-	-
ฟ่างข้าว	92.5	0.6	41.5	3.9	1.4	22.5	39.2	14.5	0.19	0.07
ซังข้าวโพด	90.4	0.0	45.7	2.3	0.4	32.1	54.0	1.6	0.11	0.04
ข้าวโพดต้นแห้ง	90.6	2.1	51.9	5.9	1.6	30.8	46.5	5.8	0.54	0.09
ฝ้าย, เปลือกเมล็ด	90.8	0.0	43.7	3.9	0.9	45.0	38.4	2.6	0.13	0.06
ถั่วกระด้าง	89.0	12.7	52.5	18.1	3.2	21.8	36.7	10.1	-	-
หญ้าขน	90.2	1.9	41.6	4.6	0.9	33.6	45.5	6.6	-	-
หญ้าซูดาน	89.3	4.3	48.5	8.8	1.6	27.9	42.9	8.1	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แร่ธาตุ	แคลเซี่ยม	ฟอสฟอรัส
หญ้าเนเปียร์	89.1	3.4	40.4	8.2	1.8	34.0	34.6	10.6	-	-
หญ้าแพนโกลา	88.2	9.3	54.9	12.8	2.7	48.6	14.2	9.9	-	-
หญ้าซอกัม	84.1	6.8	41.3	11.9	1.7	24.2	39.4	1.7	-	-
ข้าวฟ่าง	38.1	1.5	22.1	2.8	1.2	9.1	22.9	2.3	-	-
ข้าวโพด	27.6	1.2	18.3	2.3	0.8	6.7	16.2	1.6	-	-
หญ้าเนเปียร์	26.8	0.3	11.6	1.1	0.6	11.4	11.8	1.9	-	-
หญ้าซูดาน	25.7	1.5	14.4	2.2	0.7	8.8	12.0	2.2	-	-
หญ้าขน	26.2	-	-	1.5	0.5	9.2	9.9	5.1	-	-
ยอดอ้อย	29.60	0.8	15.5	1.5	0.6	10.6	14.0	2.8	-	-
ฟางปรุงแต่ง	55.97	-	54.16	6.11	2.06	-	-	-	0.53	0.07
ฟางราดยูเรีย-น้ำตาล	63.48	-	51.94	7.02	1.92	-	-	-	0.53	0.09

2.4 การจัดการให้อาหารโคนม

(Feeding and Management of Dairy cattle)

2.4.1 ความต้องการอาหารของโค

การจัดการให้อาหารโคนมในปัจจุบันมีอยู่ 2 แนวทางหลักซึ่งใช้เป็นหลักการในการคำนวณหาปริมาณความต้องการอาหารของโค ปริมาณการกิน ปริมาณการจ่ายอาหารและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาหารคือ หลักการของ NRC (National Research Council)ซึ่งเป็นระบบของประเทศสหรัฐอเมริกา และ ARC (Agricultural Research Council)ซึ่งเป็นระบบของประเทศอังกฤษ ทั้งสองระบบต่างคำนวณค่าความต้องการอาหารของโคได้ดีใกล้เคียงกัน ซึ่งอ้างอิงระบบ NRC เป็นหลัก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยเราควรอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างมาตรฐานอาหารโคนมไทย ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาพันธุ์โคนมและการจัดการฟาร์มเพราะโคนมของประเทศไทยยังมีความแตกต่างกับต่างประเทศอยู่มากทั้งรูปร่างและผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ปริมาณสิ่งแห้งที่กิน

ปริมาณสิ่งแห้งที่กิน (Dry matter intake, DMI)

Volutary feed intake หมายถึงจำนวนอาหารที่ให้สัตว์กินโดยสัตว์สามารถเข้ากินอาหารได้อย่างสะดวกและมีอาหารอยู่ตลอดเวลา

Adlibitum feeding หมายถึงการให้อาหารสัตว์ที่มีจำนวนของอาหารให้มากว่าที่สัตว์ต้องการอีกอย่างน้อย 10% และเป็นการให้อาหารรายวัน(อาหารใหม่เข้า อาหารเก่าออก) การแสดงจำนวนอาหารกินในโคจะแสดงในรูปปริมาณสิ่งแห้งหรือน้ำหนักแห้ง (dry matter, DM) ปริมาณสิ่งแห้งจะหมายถึง เนื้อสารของวัตถุดิบอาหารสัตว์คิดที่ไม่มีความชื้นอยู่เลยซึ่งโคได้รับทั้งหมดในแต่ละวัน ปริมาณสิ่งแห้งมีความสำคัญต่อโคโดยเฉพาะโคที่ให้ผลผลิตสูง หรือโคที่อยู่ในช่วงแรกของการให้น้ำนม โคเหล่านี้ต้องการปริมาณอาหารที่มาก คุณภาพสูง ย่อยง่าย เพื่อการให้ผลผลิตตามลักษณะทางพันธุกรรม ในทางตรงข้ามถ้าได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ การให้ผลผลิตและน้ำหนักตัวจะลดลง ส่วนโคที่อยู่ในระยะกลางและระยะปลายของการให้น้ำนม ก็จะให้อาหารที่มีระดับพลังงานน้อยลง ไม่เช่นนั้นก็จะทำให้โคอ้วนเกินไป และมีผลเสียต่อการผสมพันธุ์และตั้งท้อง ดังนั้นการดูแลจัดการเรื่องปริมาณสิ่งแห้งที่กินและระดับพลังงานที่ได้รับจึงมีความสำคัญมากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกินสิ่งแห้ง มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินสิ่งแห้ง ซึ่งทำให้การคำนวณลำบาก โดยเทียบกับกิโลกรัมน้ำนมมาตรฐานที่ 4% FCM (fat corrected milk) ถ้าโคนมกินสิ่งแห้งได้ไม่เพียงพอกับในตารางระดับพลังงานที่โคจะได้รับ ซึ่งจะลดลงและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผลคือโคจะน้ำนมและน้ำหนักลดลง ในทางตรงข้ามถ้าโคกินสิ่งแห้งได้มากกว่าที่ตารางกำหนดโคมีแนวโน้มอ้วนมาก และให้น้ำนมน้อยเช่นกัน จำนวนสิ่งแห้งที่โคจะกินปรากฏในตารางจะลดลงประมาณ 18% ในระหว่าง 3 สัปดาห์แรกของการให้นม เนื่องจากโคระยะนี้จะมีความอยากอาหารน้อย ประกอบสุขภาพร่างกายโคยังไม่แข็งแรงจากการคลอดลูกใหม่ ในระหว่างนี้โคจะชดเชยการขาดพลังงานจากอาหาร โดยดึงเอาพลังงานจากไขมันที่สะสมไว้ในร่างกายนำมาใช้การผลิตน้ำนม และในกรณีที่ให้อาหารหมัก (silage) เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก ให้พิจารณาความชื้นรวมของสูตรอาหาร ถ้าความชื้นรวมของสูตรอาหารเกิน 50% โคจะกินสิ่งแห้งลดลง 0.02% ของน้ำหนักตัวในทุก 1% ความชื้นที่เกิน 50% ขึ้นไป เพื่อแก้ไขปัญหานี้เราต้องเพิ่มความเข้มข้นของระดับพลังงานในสูตรอาหารให้สูงขึ้น โดยทั่วไปมีสูตรการคำนวณปริมาณความต้องการสิ่งแห้งในโคระยะกลาง-ปลายการให้น้ำนมอย่างง่าย นอกเหนือจากที่กล่าวข้างบน คือ DMI (กก./day) = 0.025 BW (กก.) + 0.1 (กก..milk) DMI (600 กก., 20 กก. นม) = [0.025(600)] + [0.1x20] = 17 กก..DMI แสดงว่าโคน้ำหนัก 600 กก. ให้น้ำนม 20 กก. ต้องการกินสิ่งแห้ง 17 กก. /วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สูตรอาหาร

การทำสูตรอาหาร(Ration)และการผสมอาหารตามสูตร ไม่ใช่เรื่องยาก และก็ไม่ใช่การเอามาผสมคลุกกันเท่านั้น การทำอาหารให้โคเป็นเรื่องของศาสตร์และศิลป์ในตัวเอง การทำสูตรอาหารให้โคจำนวนน้อยตัว หรือฝูงโคขนาดกลางเป็นการทำได้ง่ายเห็นผลชัดเจน แต่การทำอาหารให้โคฝูงใหญ่จำนวนมาก เป็นเรื่องที่ต้องพิถีพิถันมาก เพราะการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จะมีผลกระทบทั้งต่อโค และต้นทุนการผลิต รวมถึงต้นทุนต่อสูตรอาหาร ปัจจุบันระบบคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีส่วนช่วยทำให้งานด้านคำนวณสูตรอาหารเป็นเรื่องง่าย ดังนั้นศาสตร์ของการทำสูตรอาหารจึงเป็นที่เข้าใจได้ง่าย คงเหลือแต่ศิลปะในการออกสูตรอาหารที่จะต้องใช้ประสบการณ์ของผู้เลี้ยงในการปรับปรุงสูตรอาหารให้เหมาะสมกับโคและสภาพการผลิตของฟาร์มตนเอง การเลี้ยงโคจำนวนน้อยตัวผู้เลี้ยงอาจไม่ต้องมาทำสูตรอาหารเอง อาจใช้อาหารสำเร็จรูปของบริษัทมาใช้ แต่การเลี้ยงโคนมตั้งแต่ฝูงขนาดปานกลางขึ้นไป ผู้เลี้ยงอาจจำเป็นต้องหันมาทำความเข้าใจเรื่องสูตรอาหาร หากต้องการลดต้นทุนการผลิตภายในฟาร์ม และเพื่อให้สูตรอาหารมีความเหมาะสม เฉพาะเจาะจงกับโคในฟาร์ม เช่น สูตรอาหารสำหรับโครีดนม สูตรอาหารโคพักรีด สูตรอาหารโครุ่น สูตรอาหารลูกโค เป็นต้น แต่ผู้เลี้ยงต้องเข้าใจว่า "สูตรอาหารที่ดีที่สุดบนกระดาษ อาจไม่ใช่อาหารที่ดีที่สุดสำหรับโค ถ้าโคไม่กิน"

2.4.4 การให้อาหารและการจัดการในโครีดนม

ความเครียดเพียงเล็กน้อยจะมีผลกระทบต่อการผลิตน้ำนมได้อย่างมาก ในแต่ละแกลลอนของน้ำนม ต้องใช้การ หมุนเวียนของเลือดผ่านเข้าไปในเต้านมถึง 400-500 แกลลอนของเลือด ดังนั้นถ้าโคผลิตน้ำนม 10 แกลลอน (40 ลิตร) ต่อวัน จะมีการหมุนเวียนของเลือดภายในเต้านมถึง 10-20 ตัน/วัน และใน 40 ลิตรน้ำนมจะประกอบด้วยไขมัน 1.35 กก. โปรตีนนมกว่า 1.4 กก. น้ำตาลแลคโตสกว่า 1.8 กก. และแร่ธาตุปลีกย่อย 0.23 กก. โภชนะที่ออกมาในน้ำนมเหล่านี้จะต้องได้รับการเพิ่มเติมในสูตรอาหารให้มากกว่าที่ออกมา เพราะโภชนะที่โคกินเข้าไปต้องสูญเสียออกไปได้หลายทาง นอกเหนือที่จะผ่านมาในนมอย่างเดียว สูตรอาหารที่ให้โคกินจึงต้องมีความครบถ้วนตามความต้องการของโคและ margin of safety และโภชนะหลักที่ต้องดูจัดให้มีพอเพียงคือ พลังงาน โปรตีน เยื่อใย สัดส่วนอาหารหยาบ เกลือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน A (หรือ carotene) ถ้ากลุ่มอาหารข้างบนครบถ้วนในสูตรอาหาร โภชนะรองตัวอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวมักจะมีเพียงพอตามไปด้วย ส่วนลักษณะทางกายภาพที่ต้องพิจารณาควบคู่คือ ความน่ากินของอาหาร ขนาดของอาหาร สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น ปริมาณการกินอาหารของโค ความถี่ในการจ่ายอาหาร ความสม่ำเสมอและความตรงเวลาในการจ่ายอาหาร มีความสำคัญมากในโครีดนม เพราะหมายถึงความสมดุลภายในกระเพาะหมักจะไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้โคเกิด Stress สุดท้ายคือปริมาณสิ่งแห้งที่โคได้รับหรือกินเข้าไปในแต่ละวัน โคต้องกินได้ปริมาณสิ่งแห้งสูงสุดจากสูตรอาหารที่ดีสุด โคจึงจะให้ปริมาณน้ำนมสูงตามศักยภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1 หลักการให้อาหารที่ดี

นอกเหนือจากเรื่องของปริมาณสิ่งแห้งที่โคกินแล้ว การให้อาหารที่ดีผู้เลี้ยงต้องเข้าใจ 2 เรื่อง คือ จำนวนและลักษณะของอาหารหยาบกับจำนวนและลักษณะของอาหารข้น ถ้าเข้าใจใน 2 ประเด็นเป็นอย่างดี จะทำให้การจัดจ่ายอาหารถูกต้องขึ้น

ก) จำนวนและลักษณะของอาหารหยาบ (Forage feed)

หลักการที่ต้องคำนึงในการจ่ายอาหารหยาบทั้งในรูปสด แห้ง หรือหมักก็ตามคือ

1. การคำนวณปริมาณการกินอาหารจะต้องคำนวณในรูปน้ำหนักแห้งของอาหาร (Dry matter) สภาพความชื้น 0% เพราะอาหารโคมีความแตกต่างกันในเรื่องความชื้นมากตั้งแต่ชื้น 5%-90% ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบในรูปน้ำหนักแห้ง (DM)

2. ปริมาณอาหารหยาบที่กิน สัดส่วนของอาหารหยาบในอาหารสูตรรวม จะต้องมีอาหารหยาบขั้นต่ำ 40% ของปริมาณสิ่งแห้งที่โคกินเข้าไปต่อวัน

3. การกินหญ้าแห้ง (Hay) ถ้ามีหญ้าแห้งคุณภาพดี (ตัดในระยะก่อนออกดอก) โคต้องการ 3% ของน้ำหนักตัว (ให้อย่างเดียว)

4) หญ้าหมัก (Silage) อาหารหยาบหมัก (ขึ้นอยู่กับความชื้นด้วย) ปกติอาหารหยาบหมัก 2.5-4.5 กก. จะเท่ากับหญ้าแห้ง 1 กก. (ถ้าใช้ทดแทนกัน) การให้อาหารหมักมีโอกาสที่โคจะกินต่ำกว่าตามต้องการ เพราะปริมาณความชื้นในอาหารมีมาก ปกติหญ้าหมักจะมีความชื้น 70-75% ข้าวโพดหมักมีความชื้น 65-70% ในขณะที่หญ้าแห้งจะมีความชื้น 10-15%

5) อัตราส่วนของหญ้าแห้งต่อเมล็ดธัญพืช (เมล็ดข้าวโพด) หญ้าแห้งคุณภาพดี 1.51 กก. จะเทียบเท่าพลังงานจากเมล็ดธัญพืช 1 กก.

6) หญ้าสด (Pasture) โคจะกินหญ้าสด 45-90 กก./ตัว/วัน (ขึ้นกับน้ำหนักตัวและผลผลิตนม) ในขณะที่หญ้าสดจะมีความชื้น 70-85% นั่นแสดงว่าโคจะได้รับสิ่งแห้ง 6.8-27 กก. / วัน

7) R:C ratio อัตราส่วนของอาหารหยาบ (Roughage,R) ต่ออาหารข้น (Concentrate,C) ถ้าคุณภาพหญ้าสดหรือแหล่งอาหารหยาบมีคุณภาพสูง ปริมาณอาหารข้นก็ควรลดน้อยลง แต่โดยทั่วไปจะมีข้อแนะนำอัตราส่วน (100%) คือ

<u>กลุ่มโค R : C</u>

- โคให้นมช่วงแรก (ให้ผลผลิตสูง) 40 : 60
- โคให้น้ำนมปานกลาง (ระยะกลางการให้นม) 50 : 50
- โคให้น้ำนมน้อย (โคทั่วไป, ระยะปลายการให้นม) 60 : 40

ข) จำนวนและลักษณะของอาหารข้น (Concentrate หรือ Grain)

การให้อาหารข้นอาจมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ในบางประเทศที่มีคุณภาพอาหารหยาบดีเขาจะเสริมอาหารเป็นเมล็ดธัญพืช (Grain) เช่น เมล็ดข้าวโพด, wheat ก็เพียงพอ ถือเป็นการเสริมแหล่งงานให้แก่โคนม แต่บางประเทศ เช่น ในประเทศไทย ซึ่งมีคุณภาพของอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง การเสริมเฉพาะเมล็ดธัญพืชอย่างเดียวจะไม่พอเพียง เราจึงต้องยังจำเป็นเสริมในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารข้น (concentrate) ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งอาหารพลังงานกับแหล่งอาหารโปรตีนเป็นหลัก จึงจะพอสำหรับโคนม

1) ปริมาณอาหารข้น อาหารข้นโดยทั่วไปจะใช้ไม่เกิน 60% ของปริมาณสิ่งแห้งที่โคกินทั้งหมดต่อวัน หรือในอัตราไม่เกิน 2.3% ของน้ำหนักตัว

2) ปริมาณของชนิดของโปรตีน การให้อาหารโปรตีนจะเป็นไปตามปริมาณความต้องการของโคนม (เช่น 19% Crude protein ในโคช่วงแรกการให้นม) อาหารโปรตีนควรมีลักษณะมีให้เพียงพอแก่จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ส่วนที่เหลือควรผ่านเข้าไปย่อยในกระเพาะจริงและส่วนของลำไส้ ดังนั้น จึงต้องมี rumen degradable protein ต่ำ และมี undegradable protein สูง และจำกัดการใช้ยูเรียในอาหาร โคในช่วงแรกการให้นมและช่วงกลางการให้นม ให้ยูเรียไม่เกิน 9 กรัม/วัน/ตัว ในช่วงปลายการให้นมให้ยูเรียไม่เกิน 18 กรัม/วัน/ตัว

3) ไขมัน การเสริมไขมันในสูตรอาหาร ให้พิจารณาว่าโคให้น้ำนมจะกินไขมันได้ 0.45-0.7 กก./ตัว/วัน หรือใช้ไขมันในสูตรอาหารข้นไม่เกิน 6% หรือใช้ไขมันในสูตรอาหารรวมไม่เกิน 3% ไขมันจากแหล่งเมล็ดน้ำมัน (เมล็ดฝ้าย เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน) เป็นแหล่งที่ควรนำมาใช้ในการเพิ่มไขมันในสูตรอาหาร และในทุกครั้งที่เพิ่มไขมัน ควรเพิ่มระดับแคลเซียมเป็น 0.9-1% และแมกนีเซียมเป็น 0.3% และ ADF เป็น 20% ในอาหารสูตรรวม

4) เกลือ ปริมาณเกลือในอาหารข้นควรมีประมาณ 1% หรือในอาหารสูตรรวมมี 0.5% หรือให้โคได้รับเกลือวันละ 60-90 กรัม/ตัว ก็จะได้รับปริมาณของโซเดียมและคลอไรด์เพียงพอ

5) แคลเซียมและฟอสฟอรัส Ca และ P ควรมีในอาหารข้นในระดับ 1-2% ส่วนแร่ธาตุปลีกย่อยอื่นอาจเสริมในรูปแร่ธาตุก้อนให้โคกินอิสระ

6) วิตามิน ที่พิจารณาคือ A, D, E โดยพิจารณาให้ตามช่วงการให้ผลผลิตของโค หรือกรณีที่โคอยู่ในภาวะความเครียดสูง

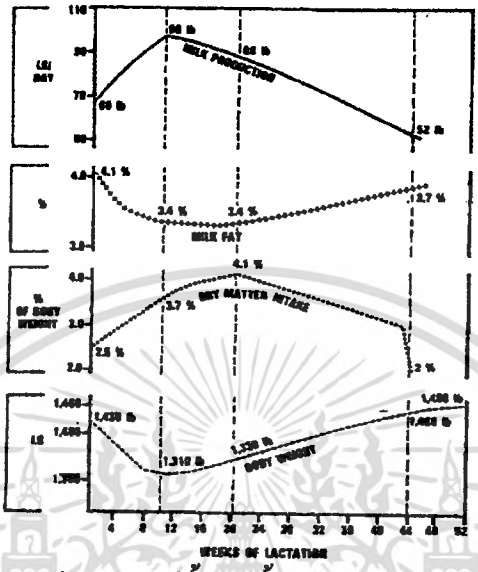
2.4.4.2 ระบบการให้อาหาร

2.4.4.2.1 ระยะการให้ผลผลิต (Production phase)

การให้อาหารให้สอดคล้องกับความต้องการโค จะต้องพิจารณาระยะการให้ผลผลิตของโคด้วย เราจึงสามารถคำนวณสูตรอาหาร และจ่ายอาหารได้เพียงพอ ในโครีดนมและพักรีดนม โดยทั่วไปในอาจแบ่งช่วงของการให้ผลผลิตออกเป็น 3 ระยะ คือช่วงแรกของการให้น้ำนม 0-70 วัน(early lactation)หรือช่วง 10สัปดาห์แรกจะเป็นช่วงให้น้ำนมสูงสุด ช่วงที่สองช่วงกลางการให้น้ำนม(mid-lactation)หรือช่วง10สัปดาห์ที่สอง เป็นช่วงกินอาหารได้สูงสุด และช่วงที่สามช่วงปลายการให้น้ำนม(mid-late lactation) หรือ140-305วัน โคจะเริ่มให้น้ำนมลดลงตามลำดับไปจนถึงระยะพักรีดน้ำนม ช่วงที่สี่ช่วงพักการรีดน้ำนมจะใช้เวลาประมาณ60วันก่อนที่โคจะคลอดลูกและให้น้ำนมในรอบใหม่ (Ensminger, 1990) แต่อย่างไรในสภาพการผลิตโคนมในเมืองไทยจึงอยากแนะนำให้มีการแบ่งระยะการให้ผลผลิตออกเป็น 4 ระยะเพื่อประโยชน์ในการจัดการดูแลได้รวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นเพราะปัจจัยจากสภาพอากาศร้อนทำให้โคนมมีการปรับตัวในเรื่องระยะเวลาการให้ผลผลิต โดยเพิ่มระยะการรักษาระดับน้ำนมหรือช่วง60-100วัน ให้มีการดูแลโคนมเป็นการพิเศษ เนื่องจากมีแนวโน้มว่าโคจะให้น้ำนมถึงจุดสูงสุดเร็วและมีการลดการผลิตน้ำนมเร็วเช่นกัน ดังนั้นการดูโคในระยะกลางการให้น้ำนมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง



ภาพที่ 2.3.ความสัมพันธ์ของการให้น้ำนม น้ำหนักร่างกาย ปริมาณการกินอาหารในระยะต่างๆของโคนม ที่มา: Ensminger(1990)

2.4.4.2.2 รูปแบบการให้อาหาร

1) การให้อาหารแบบนำ (Challenge feeding/Lead feeding)

เป็นรูปแบบให้ในโคที่อยู่ในช่วงแรกของการให้น้ำนมหรือในโคที่ให้ผลผลิตสูงเพื่อเป็นการกระตุ้นให้โคให้น้ำนมมากสุดเมื่อถึงจุดสูงสุดของการให้นม (ณ 70 วันแรก) ทั้งนี้เพราะมีความสัมพันธ์ชัดเจนระหว่างจุดสูงสุดของน้ำนมกับผลผลิตนมรวมตลอดช่วงการให้น้ำนม คือ ถ้าขึ้นสูงสุดปริมาณน้ำนมรวมก็จะได้มากพบว่า ในทุกๆ 5 ปอนด์ (2.27 กก.) ของน้ำนม ณ จุดสูงสุดที่เพิ่มขึ้น จะเป็นผลให้นมรวมตลอดช่วงการให้นมเพิ่มขึ้น 1,000 ปอนด์ (453 กก.)

การให้อาหารแบบนำ คือ การเพิ่มความถี่ในการให้อาหารต่อวันให้มากขึ้น (วันละ 4-6 ครั้ง/วัน) และเพิ่มความเข้มข้นของโภชนะในสูตรอาหารให้มีความเข้มข้นมากขึ้นเพื่อเป็นการ กระตุ้นให้โคได้ปรับตัวต่อการให้น้ำนมที่มากหลังจากจุดสูงสุดของการให้น้ำนมไปแล้ว ความถี่ในการให้อาหาร และความเข้มข้นของโภชนะควรเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด ซึ่งขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว, ผลผลิต %ไขมันนม

2) Group Feeding

การให้อาหารรายตัวเป็นเรื่องยากและเปลืองแรงงานมาก ยกเว้นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องจ่ายอาหารสมัยใหม่เข้าช่วยเหลือในกรณีที่มีโคเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นทางแก้ปัญหาเพื่อไม่ต้องลงทุนเรื่องเครื่องจ่ายอาหารมาก และยังคงมีประสิทธิภาพในการจ่ายคือการจ่ายอาหารแบบกลุ่ม โดยการจัดกลุ่มโคที่มีผลผลิต และช่วงอายุการให้น้ำนมใกล้กันมาอยู่ด้วยกัน และจ่ายอาหารเป็นกลุ่มๆ ตามความต้องการรวมของกลุ่ม เมื่อผู้เลี้ยงจะจัดการจ่ายอาหารแบบกลุ่ม จำนวนกลุ่มและจำนวนโคต่อกลุ่มเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาโดยดูจาก 1) ขนาดของฝูง 2) รูปแบบและต้นทุนของอาหาร (ถ้ามีหลายสูตร) 3) รูปแบบของโรงเรือน 4) รูปแบบของการจ่ายอาหาร TMR หรือแบบแยกส่วน 5) ระบบการรีดนม 6) สภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมฟาร์ม เช่น เครื่องจักร, แรงงาน ในฝูงขนาดใหญ่เช่น ขนาดฝูง 250 ตัวรีดนม มักจะแบ่งกันออกเป็น 5 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มโคให้ผลผลิตสูง (2) กลุ่มโคให้ผลผลิตปานกลาง (3) กลุ่มโคให้ผลผลิตต่ำ (4) กลุ่มโคสาวท้องแรก (5) กลุ่มโคป่วยเต้านมอักเสบ ทั้งนี้ไม่รวมกลุ่มโคที่ไม่ได้ให้ผลผลิตน้ำนม คือ กลุ่มโคพักรีดนม กลุ่มโครอคลอด กลุ่มโคท้อง กลุ่มโครุ่น กลุ่มลูกโค ซึ่งปกติผู้เลี้ยงจะเลี้ยงแยกกลุ่มกันอยู่แล้ว สำหรับกลุ่มโครีดนมทั้ง 5 กลุ่มนั้น หากฝูงโคขนาดใหญ่และสภาพของโรงเรือนเอื้ออำนวยการแบ่งกลุ่มให้มากกว่านั้นเป็นเรื่องที่ดี จะทำให้การจ่ายอาหาร ได้มีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของโคส่วนจำนวนโคต่อกลุ่ม เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมทางสังคมของโคแล้วควรมีไม่เกิน 100 ตัว/กลุ่ม แต่หากเป็นไปได้ ควรอยู่ในอัตรา 50 ตัว/กลุ่ม จะทำให้การจำแนกโคและการตรวจสอบความผิดปกติของโคทำให้ง่ายขึ้น และเมื่อจัดกลุ่มแล้ว พยายามอย่าย้ายโคบ่อย จะทำให้โคต้องปรับตัวอยู่ตลอดเวลาทำให้มีปัญหาน้ำหนักลดต่ำ การให้อาหารในโคกลุ่มให้ผลผลิตสูง ควรจะเป็นอาหารที่ดีที่สุดในฟาร์ม ทั้งในแง่คุณภาพและปริมาณ รวมถึงความใหม่สด และเวลาที่ให้ควรเป็นกลุ่มแรกที่ให้อาหาร ในโคกลุ่มให้ผลผลิตปานกลางและต่ำ จะเป็นกลุ่มที่เราลดระดับเข้มข้นของโภชนะลง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และต้นทุนในการผลิตน้ำนมต่อหน่วย อย่างไรก็ตามโคในทุกกลุ่มไม่ได้หมายความว่าเมื่อให้ผลผลิตต่ำแล้ว จะให้กินอาหารเศษเหลือ เพราะจะมีผลต่อการให้ผลผลิตในช่วงฤดูกาลถัดไป แต่อย่างไรก็ตามโคที่อยู่ในกลุ่มให้ผลผลิตต่ำ ให้ผู้เลี้ยงระมัดระวังโคอ้วนเพราะโคในกลุ่มนี้จะกินอาหารและอ้วนได้ง่าย เราต้องควบคุมน้ำหนักร่างกายโค ส่วนโคในกลุ่มโคสาวท้องแรก เราแยกกลุ่มออกมาเพราะโคจะมีรูปร่างขนาดเล็กกว่าโคโตเต็มที่ และถ้าปล่อยให้อยู่ร่วมกับโคโตจะแย่งกินอาหารสู้โคโตไม่ได้ อีกประการโคท้องแรกกลุ่มนี้จะต้องกินอาหารเพื่อการให้นม และเพื่อการเจริญเติบโตขึ้นอีก ดังนั้นความเข้มข้นของโภชนะจะต้องได้รับเพิ่มขึ้น 20% ของโคโตได้รับสูตรอาหารตัวอย่างสำหรับโคในแต่ละกลุ่ม

2.4.4.3 ลำดับการจ่ายอาหารและความถี่ในการจ่ายอาหาร

ปกติเมื่อเราแบ่งกลุ่มโครีดนมแล้ว เรามักกำหนดความถี่และลำดับการจ่ายอาหารเป็นในรูปแบบตารางการจ่ายอาหาร ความถี่ในการจ่ายอาหารยิ่งมากเท่าใดยิ่งเป็นผลดีต่อโคมาก โดยเฉพาะในโคที่ให้ผลผลิตสูงๆ เพราะจะทำให้สมดุลของกระเพาะหมักไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stress จากอาหารที่กินเข้าไปครั้งละมากๆ และชนิดของอาหารที่แตกต่างกันมาก ในกรณีที่จ่ายอาหารสูตรรวม TMR ควรแบ่งจ่ายอย่างน้อย 4 ครั้ง/วัน (เช้า 2, บ่าย 2) โดยมีช่วงห่างที่ใกล้เคียงกัน เช่นในช่วงก่อน-หลังรีดน้ำนม ส่วนลำดับในการจ่ายอาหาร จะต้องพิจารณาในกรณีที่เราให้อาหารโคแบบแยกส่วน อาหารหยาบกับอาหารข้นให้คนละครั้ง

1) ถ้ากรณีเราจ่ายอาหารมีความถี่ 4 ครั้ง/วัน นั่นหมายถึงว่า เราต้องจ่ายอาหารหยาบและอาหารข้นอย่างละ 4 ครั้ง/วันด้วย

2) เราต้องคำนวณแบ่งจ่ายอาหารหยาบกับอาหารข้นว่าในแต่ละครั้งจะต้องให้โคได้รับปริมาณอย่างละเท่าใด เช่น ให้หญ้าสด 24 กก./ตัว/วัน แบ่งจ่าย 4 ครั้งๆ ละ 6 กก./ตัว ส่วนอาหารข้นให้กิน 12 กก./ตัว/วัน แบ่งจ่าย 4 ครั้งๆ ละ 3 กก./ตัว

3) มื้อแรกของวัน (03.00-04.00 น.) ควรเริ่มด้วยการจ่ายอาหารหยาบ (หญ้าสด) ก่อน เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของกระเพาะหมัก หากเริ่มด้วยอาหารข้นก่อน โอกาสที่โคบางตัวจะกินเข้าไปมาก และเกิดโรคท้องอืดตายก็เป็นไปได้มาก และยังเป็นการทำให้กระเพาะหมักมี Stress จากภาวะความเป็นกรดสูงโดยไม่จำเป็น ถัดจากจ่ายอาหารหยาบแล้ว เราจึงจ่ายอาหารข้นเป็นลำดับต่อมา และให้กลับมาจ่ายอาหารหยาบสลับกับอาหารข้นอย่างเป็นจังหวะ ตามตารางเวลาและความถี่ที่กำหนด

2.4.4.4 การจัดการรางอาหาร

โครีดนมส่วนใหญ่จะเลี้ยงอยู่ในสภาพขังภายในโรงเรือน ดังนั้นผู้เลี้ยงต้องเอาใจใส่ในเรื่องที่อยู่อาศัยของโคต้องอยู่ในที่แห้ง ส่วนรางอาหารจะต้องมีการทำความสะอาดอยู่เสมอ

1) กำหนดเวลาในการทำความสะอาดรางอาหาร ขจัดอาหารเก่าที่ติดค้างในรางอาหารออก เพราะเป็นต้นเหตุของอาหารเหม็นหืน และเชื้อราสะสมอยู่ อาจทำให้โคได้รับอันตรายจากเชื้ออะฟาทอกซินได้ง่าย

2) ความถี่ในการทำความสะอาด ต้องถี่ขึ้นในกรณีให้อาหารหมัก

3) ควรมีการขัดหรือจำแนกเศษอาหารที่โคไม่กินแล้วออกจากรางอาหาร ไม่ควรให้เหลือปะปนกับอาหารดีหรืออาหารให้ใหม่จะทำให้ความน่ากินของอาหารใหม่ลดลง

2.4.4.5 การจัดการอาหารหยาบสำหรับโครีดนม

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น คุณภาพอาหารหยาบคือแปลงหญ้า หรือแปลงพืชอาหารสัตว์ จะมีคุณภาพไม่สูงมากนัก แต่เรายังมีพื้นที่มาก และราคาของพื้นที่ยังอยู่ในราคาที่ไม่แพง ถึงกับจะทำให้ต้นทุนการทำแปลงพืชอาหารสัตว์ หรือต้นทุนพืชอาหารสัตว์แพงมาก ดังนั้นจึงยังปรากฏเห็นการเลี้ยงโครีดนมอยู่บนแปลงหญ้าอยู่ทั่วไป ตราบใดที่ราคาที่แพง การเลี้ยงจึงจะใช้ระบบที่เข้มข้น (กักขังในโรงเรือน) กันมากขึ้น ทำให้ผู้เลี้ยงต้องเข้าใจอยู่เสมอว่า โคนมเป็นสัตว์ที่เปลี่ยนโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคุณภาพต่ำ เป็นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคุณภาพสูงได้ และโคที่ให้ผลผลิตสูงต้องการคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงย่อยง่ายและสดใหม่ ผู้เลี้ยงต้องคำนวณดูต้นทุนการผลิตพืชอาหารสัตว์กับต้นทุนการเสริมอาหารจากอาหารข้น ว่าอย่างใดให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่ากันในแง่ของการปฏิบัติ โคนมต้องการอาหารหยาบสดใหม่ ดังนั้นผู้เลี้ยงต้องวางแผนการปลูกพืชอาหารสัตว์ให้มีอาหารหยาบสดอยู่ตลอดเวลา ต้องจัดการว่าฤดูกาลใดจะปลูกอะไรอย่างไร เช่น ผู้เลี้ยงอาจเริ่มต้นคำนวณดูว่าใน 1 ปี ปริมาณอาหารหยาบต้องการใช้เท่าไร และจะได้จากแหล่งใดบ้าง ส่วนใหญ่คงเริ่มจากในฤดูฝน ผู้เลี้ยงต้องทราบว่ามีแปลงหญ้าอยู่เท่าใด และจะเป็นหญ้าสดในฤดูฝนเท่าใด จะเหลือทำหญ้าหมักได้เท่าใด (หักสูญเสียแล้ว) และทำหญ้าแห้งอีกเท่าใด (ผู้เลี้ยงควรทำหญ้าหมักจะเหมาะกับการเลี้ยงโคให้ผลผลิตสูงได้ดีกว่าการทำหญ้าแห้ง เพราะคุณภาพการทำหญ้าแห้งต่ำ) จากฤดูฝนต่อฤดูหนาว แปลงอาหารสัตว์จะยังคงเขียวอยู่สามารถตัดสดให้โคได้กินได้ แต่ผู้เลี้ยงต้องวางแผนปลูกอะไรเสริม หรือต้องมีการให้น้ำ (สปริงเกอร์) เพื่อให้มีหญ้าเขียวตลอดเวลา พอถึงปลายฤดูหนาวต่อฤดูร้อน ผู้เลี้ยงส่วนใหญ่มักประสบปัญหาขาดแคลนหญ้าเขียว และปริมาณอาหารหยาบมีไม่เพียงพอ (หากวางแผนไม่ดี) ซึ่งจะทำให้โคทั้งฟาร์มได้รับผลกระทบ และผลจะต่อเนื่องไปถึงฤดูกาลให้นมในปีถัดไปตัวอย่างของการวางแผน คือ สมมุติฟาร์มมีโคนม 100 ตัว และมีแปลงหญ้าอยู่ 100 ไร่ จะต้องวางแผนอาหารสัตว์อย่างไร

1) โค 100 ตัว ต้องการหญ้าสดวันละ 2.5 ตัน ใน 1 ปี จะต้องการ 912 ตันสด ดังนั้นโคต้องการ 912 ตันสด รวมสูญเสีย 20% = 1,094 ตัน

2) แปลงหญ้า 100 ไร่ ผลผลิต 2.0 ตันสด/ไร่ ปีหนึ่งๆ ตัด 4 ครั้ง จะได้ผลผลิต 800 ตัน ดังนั้นเราจะขาดหญ้าสดอยู่ 1,094 - 800 = 294 ตัน

3) หญ้าสดที่ขาดอยู่ 294 ตันสด ถ้าเราปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดพันธุ์ที่โตเร็วหรือปลูกข้าวโพด ซึ่งจะให้อัตราผลผลิตเฉลี่ย 4 ตัน/ไร่ เราต้องปลูกข้าวโพดเพิ่มเติมเป็นพื้นที่ 294/4 = 73.5 ไร่

4) จากตัวอย่าง เราจะมีข้อมูลในมือคือ
ความต้องการอาหารหยาบสด = 294 ตัน
หรือเท่ากับความต้องการหญ้าแห้ง = 58.8 ตันแห้ง
หรือเท่ากับต้องปลูกพืชสดแห้ง = 73.5 ไร่

5) ในกรณีที่ปลูกพืชสดอาจไม่จำเป็นต้องปลูกเท่ากับที่คำนวณไว้ เราอาจปลูกให้เพียงพอกับจำนวนโคที่ให้ผลผลิตสูงเท่านั้นก็พอ แต่โคที่ให้ผลผลิตปานกลาง-ต่ำ อาจใช้หญ้าหมัก และหญ้าแห้งเสริมได้

6) การกะเวลาในการกำหนดปลูกพืชอาหารสัตว์ ก็มีความจำเป็นที่จะต้องวางแผนให้สอดคล้องกับจังหวะที่ต้องตัดมาจ่ายให้โคนมเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) พันธุ์พืช, การวางแผนตลอดปี, จะทำให้มีพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี อยู่ตลอดเวลาสำหรับโคให้ผลผลิตสูง

2.4.4.6 การจัดการอาหารข้นสำหรับโคนม

หลังจากกำหนดการปลูกและปลูกพืชอาหารสัตว์ไปแล้ว ผู้เลี้ยงจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น ถึงคุณค่าทางอาหารสัตว์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย พลังงาน ของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูก เพื่อที่ผู้เลี้ยงจะได้ ชดเชยส่วนที่ขาดโดยการใช้อาหารข้นเสริม อาหารข้นเสริมจะเป็นการแก้ไขปัญหาระยะสั้นเพื่อให้โคได้รับโภชนะครบถ้วนตามต้องการ วัตถุดิบที่นำมาใช้ในสูตรอาหารข้น ควรพิจารณาจากการขาดของโภชนะหลังจากที่ได้รับข้อมูลอาหารหยาบของฟาร์มแล้ว จะยังขาดโภชนะตัวใดอีก เราจึงเลือกซื้อวัตถุดิบมาผสมในสูตรอาหาร การเลี้ยงโคนมผู้เลี้ยงต้องใช้แหล่งอาหารหยาบให้เต็มที่เป็นแหล่งอาหารคงที่หลักของฟาร์ม แล้วจึงปรับสูตรอาหารข้นให้สอดคล้อง อย่าทำในทิศทางตรงข้าม เพราะมีผู้เลี้ยงจำนวนมากตั้งต้นการเลี้ยงโคนมจากอาหารข้นก่อน จะมีผลต่อสุขภาพโคและต้นทุนการผลิตต่อนม 1กก. การจัดการอาหารข้นควรมีหลายสูตร จะได้เหมาะสมกับกลุ่มโคแต่ละกลุ่ม และปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับฤดูกาลของพืชอาหารสัตว์ และความสมบูรณ์ของร่ายกายโค รวมถึงสอดคล้องกับราคาของวัตถุดิบที่นำมาใช้ บ่อยครั้งที่เราต้องหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่ต้องแข่งขันกับวัตถุดิบที่ใช้ในสุกร, ไก่ เช่น ข้าวโพด, มันสำปะหลัง, กากถั่วเหลือง, ปลาป่น เป็นต้น วัตถุดิบที่นำมาใช้ในสูตรอาหารข้นจะต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับฤดูกาลตลอดปี เช่นเดียวกับการวางแผนพืชอาหารสัตว์ผู้เลี้ยงต้องวางแผน และทราบว่าวัตถุดิบอาหารข้นในแต่ละฤดูกาลตลอดปีมีอะไรออกมาจำหน่าย ราคาจะลด จะเพิ่มเมื่อไร วัตถุดิบจะหมดเมื่อไร จะใช้อะไรทดแทนได้บ้าง แหล่งซื้อที่ใด ถ้าเราวางแผนวัตถุดิบอาหารข้นดีแล้ว จะทำให้เรามีวัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงพอและเหมาะสมกับโคทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

2.4.4.7 แนวคิดเกี่ยวกับการให้อาหารข้น

การใช้อาหารข้น(Concentrate feed)ในปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้เกิดผลตอบแทนสูงสุด เป็นหัวใจในการทำความเข้าใจ โภชนะหลักที่มีผลต่อราคาของอาหารข้นและมีความจำเป็นยิ่งสำหรับโคนม คือ พลังงาน จำนวนของอาหารข้นต้องให้ได้เหมาะสมเพียงพอกับระดับของพลังงานที่โคต้องการ เมื่อราคาของอาหารข้นแพงขึ้น (ปกติจะแพงขึ้นทุกปี ยกเว้นราคาวัตถุดิบราคาอาจขึ้นลง) จำเป็นต้องให้โคกินหรือใช้พลังงานจากแหล่งอาหารหยาบเป็นอันดับแรก ปริมาณอาหารข้นที่จะใช้ คิดจากพลังงานรวมที่โคต้องการต่อตัวต่อวัน หักออกด้วยพลังงานที่ได้รับจากอาหารหยาบ พลังงานที่ขาดเหลือก็คือ จำนวนของอาหารข้นที่ต้องให้โคกินเข้าไป เพื่อให้ได้พลังงานพอเพียง ค่าพลังงานที่นำมาใช้คำนวณอาจอยู่ในรูป TDN, ME ก็ได้ แต่แนวโน้มในปัจจุบันและอนาคตจะคิดในรูป NE Lactation ซึ่งจะทำให้ค่าการคำนวณตรงกับความต้องการของโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากที่สุด โภชนะตัวอื่นที่จะนำมาคำนวณในสูตรอาหารข้นก็ใช้หลักการคิดเช่นเดียวกับการคิดพลังงาน สำหรับโภชนะตัวอื่นที่จำเป็นต้องมีในอาหารข้นคือ โปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัส สำหรับโปรตีนก็เช่นกัน อาจคำนวณในรูป Crude protein ได้ แต่ปัจจุบันและอนาคต จะนิยมคิดในรูป DIP (Degraded intake protein) กับ UIP (Undegraded intake protein) จากนั้นก็ตรวจสอบสัดส่วนของเยื่อใยในอาหารจากค่าของ crude fiber (CF) Acid detergent fiber (ADF), และ Neutral detergent fiber (NDF) ส่วนโภชนะอื่นๆ ก็พิจารณาเพิ่มเติมตามความเหมาะสมของฟาร์ม โดยทั่วไปการคำนวณสูตรอาหารข้นจะไม่คิดเพียงรายตัว แต่มักจะออกสูตรอาหารให้เหมาะกับกลุ่มโค เช่น ถ้าเราแบ่งกลุ่มโคเลี้ยง เราก็จะออกสูตรอาหารให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะมีเรื่องของ Lead factor เข้ามาเกี่ยวข้อง Lead factor หมายถึงตัวคูณ ซึ่งจะนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยน้ำนมของฝูงโคหรือกลุ่มโคที่เรากำลังจะออกสูตรอาหารให้แก่กลุ่มนั้น เพื่อให้สูตรอาหารที่ออกมา มีความครอบคลุมทั้งโคที่ให้น้ำนมมากสุดในฝูง (ในกลุ่ม) ด้วย ไม่ใช่ออกสูตรอาหารตามค่าเฉลี่ยของฝูง ซึ่งจะทำให้โคให้น้ำนมมากได้รับโภชนะไม่เพียงพอ สำหรับเรื่องแร่ธาตุ ถ้าเราสามารถจัดหาแร่ธาตุผงมาผสมในสูตรอาหารได้ จะดีที่สุด เพราะทำให้แน่ใจได้ว่าโคทุกตัวได้รับแร่ธาตุตามเกณฑ์ที่เราคำนวณไว้ การให้แร่ธาตุก้อนหรือแบบให้กินอิสระนั้นไม่มีหลักฐานยืนยันชัดเจนว่าโคจะกินและได้รับแร่ธาตุครบถ้วนจริง แต่เราก็สามารถนำมาใช้เป็นการเสริมได้ หลังจากที่เราผสมในอาหารข้นแล้วส่วนหนึ่ง

2.4.4.8 การจัดการอาหารสูตรรวม TMR (Total Mixed Ration)

ตามหลักการแล้วการทำอาหาร TMR จะเหมาะสมกับการจัดจ่ายให้แก่โคที่ให้ผลผลิตสูงเป็นอย่างมาก TMR เป็นการจัดการนำเอาอาหารหยาบคุณภาพดี ผสมกับอาหารข้นคุณภาพดีให้เป็นเนื้อเดียวกันและจัดจ่ายให้แก่โคที่ให้ผลผลิตสูง(John, 1977; Mccullough, 1973) แต่บางครั้งในกรณีที่ผู้เลี้ยงมีแหล่งอาหารหยาบคุณภาพต่ำ และมีปัญหาในกรณีที่นำมาจ่ายแยก จะทำให้โคกินได้น้อย การทำผสมแบบ TMR จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการกิน ทำให้โคกินทั้งอาหารหยาบคุณภาพต่ำ และอาหารข้นในเวลาเดียวกัน อาจช่วยแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ แนวคิดเกี่ยวกับอาหารสูตรรวม, TMR ไม่ใช่เรื่องใหม่ ผู้เลี้ยงหลายคนอาจมีประสบการณ์มาแล้ว เพราะปกติการคำนวณสูตรอาหาร ผู้คำนวณต้องใช้แนวความคิดของการคิดอาหารสูตรรวมอยู่แล้ว (คิดทั้งอาหารหยาบและอาหารข้น) แต่เป็นเพียงการจัดจ่ายอาหารที่ต่างกัน การจ่ายอาหารแบบใหม่คือการนำเอาอาหารหยาบมาผสมกับอาหารข้น ด้วยเครื่องผสม (Mixing Wagon) เพื่อให้อาหารทุกส่วนคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำจ่ายให้แก่โค เราเรียกเป็นวิธีการจ่ายอาหารแบบ Optimum Feeding, Optimum Ration, Complete Feed หรือ Total Mixed Ration ปัจจุบันนิยมใช้คำย่อว่า "TMR" วิธีการนี้ค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพ และมีความสำคัญมีข้อได้เปรียบเมื่อใช้ร่วมกับอาหารจากแหล่ง Silage หรือแหล่งอาหารหยาบอื่นที่พร้อมจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาผสมกัน อาหารหยาบที่อาจจะไม่เหมาะที่จะใช้วิธีนี้คือ หญ้าสดและหญ้าแห้ง เพราะทั้งสองชนิดนี้มีขนาดเส้นใยยาว โดยเฉพาะหญ้าแห้งจะเบาคลุกเคล้ากันยาก ยกเว้นผู้เลี้ยงต้องนำมาตัดให้สั้นขนาด 1ซม. - 1นิ้วก่อน แล้วจึงนำมาผสม TMR เหมาะกับฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีการเลี้ยงแบบสมัยใหม่ เพราะมีข้อได้เปรียบที่เตรียมสดใหม่ และปรับเปลี่ยนสูตรอาหารได้ง่าย สามารถจัดจ่ายอาหารเป็นรายกลุ่มได้ง่าย ที่สำคัญโคที่ให้ผลผลิตมากมีความต้องการระดับพลังงานสูง และมีสัดส่วนของอาหารหยาบกับอาหารข้นถูกต้องและสม่ำเสมอ รวมถึงสามารถควบคุมขนาดของอาหารหยาบได้ดีเช่นเดียวกันกับแนวคิดการให้อาหารข้นคือสูตร TMR ต้องออกให้สอดคล้องกับระยะการให้น้ำนม และปริมาณน้ำนมที่โคให้อยู่ โดยเฉพาะในโคช่วงแรกของการให้นม ส่วนโคที่อยู่ในระยะกลางและระยะปลายของการให้นมควรเริ่มจำกัดปริมาณการกินอาหาร TMR เพราะมีโอกาสที่โคจะกินอาหารและอ้วนได้ง่ายเกินมาตรฐานความสมบูรณ์ของร่างกายโค อย่างไรก็ตามเราต้องหมั่นตรวจสอบการจ่ายอาหารในลักษณะจ่ายน้อยและจ่ายมากต่อตัวโค ถ้าจ่าย TMR น้อย ผลคือน้ำหนักตัวลดให้นมน้อย แต่ถ้าจ่าย TMR มากไปโคก็จะอ้วนเกินไป ข้อระวังอย่างหนึ่งในเรื่องแหล่งของอาหารหยาบที่นำไปใช้เป็นแหล่งของเยื่อใยอาหารให้โค โดยปกติเรามักใช้หญ้าแห้ง เปลือกเมล็ดฝ้าย เปลือกถั่วเหลือง หรือซังข้าวโพด เป็นแหล่งเยื่อใย แต่ในกรณีของเปลือกถั่วต่างๆ ที่ใช้ อาจทำให้เสริมเยื่อใยไม่พอแก่โค เนื่องจากเยื่อใยเหล่านี้ย่อยได้ง่าย จึงควรหาแหล่งเยื่อใยจากหลายแหล่งมาใช้ร่วมกัน

การผสมอาหาร TMR ใช้เองในฝูงโคนมขนาดเล็ก คงไม่เหมาะสม และไม่คุ้มค่าในการนำมาใช้ ในขณะที่เครื่องจักรยังมีราคาแพง จนกว่าเราจะผลิตเครื่องจักรได้เองในเมืองไทย หรือผู้เลี้ยงเห็นความสำคัญของการจ่ายอาหารแบบ TMR เพราะในปัจจุบันยังมีการจ่ายอาหารข้น 2 แบบ คือจ่ายรวมเป็นกลุ่มกับจ่ายแยกเป็นรายตัว (ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์เป็นรายตัว คำนวณอาหารข้นตามปริมาณน้ำนมที่ได้) หรือบางฟาร์มเลี้ยงโคนมแบบผูกยืนโรง ก็สามารถจ่ายแยกเป็นรายตัวได้วิธีนี้อาจลดต้นทุนค่าเครื่องจักร (ยกเว้นการใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม) แต่เพิ่มค่าแรงงาน และปัญหาแรงงาน ข้อได้เปรียบของการปรับปริมาณอาหารข้นให้แก่โคได้กินมากขึ้นหรือน้อยลง จะมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้จัดการฟาร์ม แต่การปรับเฉพาะปริมาณของอาหารข้นอย่างเดียว พบว่ามีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมเหนือผลกำไรไม่มากนัก เมื่อเทียบกับการจ่ายอาหารแบบ TMR (ปัญหาของประเทศไทยอยู่ที่ยังไม่มีผู้ผลิตเครื่องจักรออกมาจำหน่าย) เพราะ TMR เป็นการปรับเพิ่มและลดอาหารทั้งกลุ่มของโภชนะ จึงค่อนข้างจะมีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมได้มากกว่า แต่ถึงแม้ผู้เลี้ยงจะยังคงใช้การจ่ายอาหารแบบแยก ผู้เลี้ยงควรมีความคิดอยู่เสมอว่า "ต้องมองภาพรวม ของการจ่ายอาหาร คือคิดแบบ TMR จะจ่ายอาหารแบบ TMR หรือไม่ ไม่ใช่เรื่องสำคัญ ถ้าหลักการถูกต้อง"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.9 การจัดการโปรแกรมจ่ายอาหารและขั้นตอน

อาหารข้นและอาหารหยาบ สามารถจัดจ่ายได้ทั้งแบบ TMR หรือจ่ายแบบโรยทับกันเป็นชั้นๆ หรือจ่ายแบบให้กินแยกกันคนละครั้งก็ดี ถ้าจุดหมายของการจ่ายอาหารอยู่ที่การใช้อาหารจากแหล่งอาหารหยาบสูงสุด (หยาบสดหรือ Silage) เมื่อเรามีแหล่งอาหารหยาบดีที่สุด มากที่สุดคือช่วงฤดูฝน คุณภาพของหญ้าสดจะดี และควรจะใช้ประโยชน์จากหญ้าสดให้มากที่สุด โดยจัดให้โคได้มีกินเต็มที่ตลอด 24 ชั่วโมง ลดอาหารข้นให้น้อยลง ใช้อาหารที่ใหม่ คัดมาให้กินใหม่ (หญ้าสดที่ตัดและทิ้งไว้ในรถ ก่อนนำมาให้กินจะมีปัญหาการหมักบูด และความร้อนในระหว่างการรอจัดจ่าย ควรระวังว่าหลังตัดรีบนำให้กินหรือเก็บไว้ในที่ร่มป้องกันแสงแดด ในโรงเรือนควรมีพื้นที่ว่างสำหรับการเข้ากินอาหารอย่างพอเพียง รวมถึงการมี อ่างน้ำ, ร่มเงาที่พอเพียง จะทำให้โคกินอาหารหยาบได้มากสุด ทั้งนี้เพราะอาหารหยาบก่อให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นมากในขณะการย่อยและการเคี้ยวเอื้อง เราจึงต้องลด Stress จากสาเหตุความสะดวกของโรงเรือน โดยจัดให้มีความสะดวกสบายมากสุด

2.4.5 การเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ

การผลิตเนื้อจากโคนม(Dairy Beef Production) มักเป็นผลพลอยได้ของการทำฟาร์มโคนมที่มีลูกโคเพศผู้ในฟาร์มมาก หรือมีโคที่จะคัดทิ้งซึ่งเป็นโคที่ไม่มีลักษณะของการให้น้ำนมที่ดี ผู้เลี้ยงก็มักจะคัดออก การเลี้ยงโคนมเพื่อการผลิตเนื้อ ผู้เลี้ยงต้องมีพื้นที่ในการปลูกแปลงหญ้ามากพอที่จะใช้เลี้ยงได้ โดยทั่วไปจะมี 2 ลักษณะคือ

1. การเลือกแบบขุนอาหารข้น (High-Energy ration) การเลี้ยงแบบนี้โคจะอ้วนและได้น้ำหนักเร็ว ส่วนมากจะเป็นการเลี้ยงในโรงเรือน และให้กินอาหารเต็มที่ ใช้เวลาในการเลี้ยงสั้น มักเลี้ยงในโคที่มีน้ำหนักระหว่าง 100-400 กก. น้ำหนักที่ส่งตลาดคือ 400 - 500 กก. / ตัว

2. การเลี้ยงแบบขุนบนแปลงหญ้า (High-roughage ration) การเลี้ยงแบบนี้จะช้าเลี้ยงปล่อยให้โคเจริญเติบโตบนแปลงหญ้า หรือกินอาหารหยาบเป็นหลัก จนกว่าจะได้น้ำหนักตามเกณฑ์ น้ำหนักที่ส่งตลาดจะมากกว่าอยู่ที่ 500-600 กก./ตัว จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อหลักใหญ่จะหมายถึงโคเพศผู้ที่นำมาเลี้ยงขุนด้วยอาหารข้นหรืออาหารหยาบ จนได้น้ำหนักส่งตลาด การเลี้ยงทุกประการจะใช้หลักเดียวกับการเลี้ยงโคเนื้อ แต่โคนมผลิตเนื้ออาจครอบคลุมถึงการนำโคคัดทิ้ง โคสาวหรือลูกโคคัดทิ้งมาใช้ในการขุนเพื่อการผลิตเนื้อได้ โคนมที่นำออกเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อ มักถูกคัดทิ้งเนื่องจากสาเหตุให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ เต้านมอักเสบ มีปัญหาระบบสืบพันธุ์ หรือมีความผิดปกติทางด้านร่างกาย ที่เกี่ยวข้องกับน้ำนม และด้วยราคาของโคเนื้อ จะขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายและน้ำหนัก ดังนั้นการขุนโคเหล่านี้จึงไม่พิถีพิถัน เพราะคุณภาพเนื้อของโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล่านี้ จะอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการของตลาดต้องการอยู่แล้ว และถ้าเป็นตลาดที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ก็จะไม่มีปัญหาแต่อย่างใด โคโฮสไตน์เพศผู้ สามารถนำมาใช้ผลิตเนื้อได้ดี โคเจริญเติบโตเร็วมีความสามารถในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงให้ผลผลิตเนื้อคุณภาพดี เทียบได้กับคุณภาพจากโคเนื้อ ในสภาพการเลี้ยงแบบเดียวกัน และโคโฮนสไตน์ โคบราวสวิท จะเจริญเติบโตได้เร็วกว่าโคพันธุ์เล็ก เช่น เจอร์ซี่ เกอร์ซี่ ในการใช้สูตรอาหารเดียวกันเลี้ยงโคนมกับโคเนื้อ พบว่า เนื้อจากโคนมจะมีไขมันน้อยกว่าเนื้อจากโคเนื้อ ดังนั้นการผลิตเนื้อจากโคนมเพศผู้จึงมีโอกาสที่จะแข่งขันกับโคเนื้อได้ดี ในสถานการณ์ที่ผู้บริโภคต้องการกินเนื้อที่มีไขมันน้อยกว่า

2.4.5.1 การให้อาหารโคเพื่อผลิตเนื้อ

การเลี้ยงโคแบบนี้คือ "ต้องเลี้ยงโคให้โตเร็วที่สุดภายใต้กำไรสูงสุดต่อกิโลกรัมของเนื้อ" ดังนั้นการเลี้ยงให้โคอ้วน ตั้งแต่โคเล็ก โครุ่นหรือโคโต จึงไม่เป็นปัญหาต่อการผลิต หรือโปรแกรมการผลิต เพียงแต่ผู้เลี้ยงต้องดูสภาวะราคาเนื้อของตลาดและวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับตลาด รูปแบบการเลี้ยง ในช่วงแรกเกิด - 3 เดือนแรก จะเหมือนกับการเลี้ยงลูกโคทั่วไป และในระยะ 3 เดือนขึ้นไป ลูกโคยังเลี้ยงด้วยอาหารข้นอยู่ แต่ผู้เลี้ยงต้องเริ่มตรวจดูราคาของอาหารข้นกับอาหารหยาบ เมื่อเทียบกับหน่วยการเจริญเติบโต หากราคาอาหารข้นถูกกว่าก็พิจารณาเลี้ยงด้วยอาหารข้น หากอาหารข้นราคาแพงก็เลี้ยงแบบจำกัดปริมาณอาหารข้น ปริมาณโภชนะที่ต้องการสำหรับดำรงชีพและเพิ่มน้ำหนักตัวในโคเนื้อจะต้องการไม่มาก เพราะโคสามารถใช้อาหารจากแหล่งอาหารหยาบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และโคใช้อาหารเพื่อการดำรงชีพและเพิ่มน้ำหนักตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าผู้เลี้ยงต้องการใช้เวลาการเลี้ยงสั้นก็ต้องพึ่งอาหารข้นเป็นแหล่งพลังงานในการขุน แต่ถ้าไม่มีปัญหาเรื่องเวลา ก็ปล่อยให้โคใช้แหล่งพลังงานจากอาหารหยาบเป็นหลัก และเสริมด้วยอาหารข้น และตามปกติถ้าขุนโคจากแหล่งอาหารหยาบ โคจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยกว่าโคที่ขุนด้วยอาหารข้น

2.4.5.2 ประสิทธิภาพการขุน

ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตจะสัมพันธ์กับอายุของโค โคเล็กจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้สูงกว่าโคโต ในโคโตปัจจัยร่วมของการเพิ่มน้ำหนักตัวมี 2 แบบคือ 1) การเพิ่มน้ำหนักตัวของโคขุนคือการเพิ่มขึ้นของไขมันแทรก และ2) ไขมันให้พลังงานมากกว่าโภชนะตัวอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องการโภชนะจากอาหารเป็นจำนวนมาก เพื่อเปลี่ยนเป็นไขมันแทรก จึงทำให้ อัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5.3 อนาคตของโคนมเนื้อ

เมื่อผู้บริโภคเริ่มหันมากินเนื้อที่มีคุณภาพมากขึ้น และราคาของเนื้อขายกันตามเกรดของคุณภาพซาก จะทำให้อนาคตของโคนมมีโอกาสนำมาใช้เพื่อการขุนเป็นโคเนื้อได้มาก เพราะเทคโนโลยีของการขุนหรือพันธุ์ของโคนม ไม่ใช่ปัญหาหลักในเรื่องคุณภาพซาก เพราะจะเป็นแรงจูงใจให้วงการโคขุนเจริญก้าวหน้าไปได้ รวมถึงการบริโภคเนื้อในรูปผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จะช่วยกระตุ้นให้อุตสาหกรรมโคก้าวหน้า เพราะโรงงานต้องการโคที่มีคุณภาพสม่ำเสมอเข้าโรงงานนั่นเอง

2.5 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. เป็นผลพลอยได้จากการปลูกข้าว มีมากหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค-กระบือในช่วงแล้ง

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

3. อัตราการย่อยได้ต่ำ ทำให้ฟางอยู่ในกระเพาะนาน สัตว์จึงได้รับโภชนะต่าง ๆ น้อย ถ้าให้สัตว์กินฟางอย่างเดียวนาน ๆ จะทำให้น้ำหนักตัวลด

2.5.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้

1. ฟางใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง และควรใช้ร่วมกับอาหารข้น หรือเสริมด้วยใบพืชตระกูลถั่วโปรตีนสูง

2. การปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าว เพื่อให้สัตว์ได้รับประโยชน์เพิ่มขึ้น ได้แก่ การทำฟางหมักยูเรีย และฟางปรุงแต่งสด โดยใช้สารละลายยูเรีย-กากน้ำตาล ราดฟางให้ทั่ว

3. การใช้ฟางหมักเลี้ยงโค-กระบือ สามารถใช้ในสภาพเปียกหรือแห้งก็ได้ ฟางหมักที่เปิดจากกอง ใหม่ ๆ มีกลิ่นฉุนของแอมโมเนีย ควรทิ้งไว้สักพัก (ประมาณ 2 ชั่วโมง) ก่อนให้สัตว์กิน ถ้าใช้ฟางหมักยูเรีย เป็นอาหารหยาบอย่างเดียว ควรเสริมอาหารข้น เพื่อให้เกิดแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ และควรมีน้ำสะอาดให้โค-กระบือกินตลอดเวลา

2.5.3 การทำฟางปรุงแต่ง

ในฤดูแล้งปัญหาที่เกษตรกรมักพบเป็นประจำทุกปีก็คือ การขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงโคนม แต่ก็ยังพอจะหาสิ่งอื่นมาทดแทนได้ สิ่งนั้นก็คือฟางข้าว ซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร หาง่าย และมีราคาค่อนข้างถูก แต่มีข้อเสียคือมีคุณค่าทางอาหารต่ำ คือมีโปรตีนต่ำ และย่อยยาก โดยจะสังเกตได้จากโคและกระบือทั่วไปมีลักษณะผอมไม่สมบูรณ์ในฤดูแล้ง ดังนั้นถ้าทำให้ฟางข้าวมีโปรตีนเพิ่มขึ้น และสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น ก็จะมีประโยชน์ต่อการเลี้ยงโคนมเป็นอย่างมาก การปรุงแต่งฟางข้าวด้วยปุ๋ยยูเรียไม่เพียงแต่จะช่วยให้ย่อยง่ายขึ้น ยูเรียที่ใส่เข้าไปยังสลายตัวให้โปรตีนเพิ่มขึ้นจากฟางธรรมดาอีกประมาณ 4-5% แต่ขบวนการปรุงแต่งฟางข้าวไม่ใช่การหมัก เช่นกรณีของหญ้าหมัก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใดทั้งสิ้น การเติมสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมัก เช่นกรณีของหญ้าหมัก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใดทั้งสิ้น การเติมสารเร่งการหมัก เช่นกากน้ำตาล รำมักเส้น หรือการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด เช่นเกลือแกงจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการปรุงแต่ง จึงไม่จำเป็นต้องใส่ให้สิ้นเปลือง นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องหั่นฟางย่ำ อัด หรือหาวัสดุหนักๆ มาทับ และไม่จำเป็นต้องทำในร่มหรือสร้างหลังคากันฝน เพียงแต่ใช้มัดฟางคลุมด้านบน หรืออาจใช้วัสดุอื่นๆ เช่น เต็นท์ กระสอบเก่า หรือใบตาลคลุมก็ได้

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

การทำฟางปรุงแต่งโดยใช้บ่อซีเมนต์ ขนาดบ่อซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับจำนวนโคของเกษตรกรและความต้องการ หากต้องการทำฟางปรุงแต่งคราวละมากๆ ก็สร้างบ่อให้มีขนาดใหญ่ หรือสร้างขนาดเล็กแต่มีหลายบ่อ เพื่อให้ง่ายต่อการเปิดใช้ และได้ทดลองแล้วว่าสามารถทำฟางปรุงแต่งได้ผล เป็นบ่อขนาดเล็ก สร้างด้วยอิฐบล็อคเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฉาบด้วยปูนผสมทรายเพื่อป้องกันการรั่วซึม และไม่ให้สัมผัสดินด้านบน คลุมด้วยพลาสติกใส ขนาดของบ่อมีความจุประมาณ 3.42 ลูกบาศก์เมตร หรือจุฟางได้ประมาณ 16 ฟ่อน (320 กก.) กว้างประมาณ 1 เมตร 75 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อก 4 ก้อน ยาวประมาณ 2 เมตร 30 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อค 5 ก้อน ครึ่งและสูงประมาณ 85 เซนติเมตร หรืออิฐประมาณ 4 ก้อน ค่าใช้จ่ายในการทำบ่อซีเมนต์โดยใช้อิฐบล็อคนี้จะเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก โดยเฉพาะเรื่องค่าแรง หากลงมือทำเอง โดยเฉลี่ยแล้ว จะใช้วัสดุดังต่อไปนี้ 1. อิฐบล็อค 76 ก้อนๆ ละ 2.50 บาท เป็นเงิน 190 บาท 2. ทรายหยาบประมาณ 0.5 คิวๆ ละ 150 บาท เป็นเงิน 75 บาท และ3. ปูนซีเมนต์ประมาณ 2 ถุงๆ ละ 80 บาท เป็นเงิน 160 บาท สรุปแล้วลงทุนครั้งเดียว จะใช้เงินประมาณ 425 บาท ต่อหนึ่งบ่อ แต่สามารถใช้งานได้นานหลายปี การปรุงแต่งคุณภาพฟางแต่ละครั้ง ควรประมาณให้พอเพียงกับจำนวนโคที่เลี้ยงไว้ในฟาร์ม หรือตามจำนวนโคที่ต้องการให้กิน (เช่น โคที่กำลังให้นม โคสาว เป็นต้น) ควรทำให้ใช้หมดกองภายใน 3 - 4 สัปดาห์ และทำติดต่อกันโดยกองใหม่สามารถเปิด ใช้ได้เมื่อกองแรกหมด พอดี โค 1 ตัว น้ำหนักประมาณ 380 - 400 กก. จะกินได้ประมาณ 7 - 9 กก. / วัน อย่างไรก็ตามการทำกองเล็กๆ (ไม่เกิน 2,000 กก.) แล้วใช้หมดภายใน 3 - 4 สัปดาห์ จะได้ผลดีกว่ากองใหญ่แล้วเลี้ยงในระยะนานขึ้น เพราะถ้าทิ้งไว้เป็นเวลานานๆ ปริมาณไนโตรเจนซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนในฟางปรุงแต่งจะลดลง ถ้าทิ้งไว้นานฟางจะยุ่ยและทำให้ความน่ากินลดลง การทำกองสูงมากๆ แอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียจะกระจายไม่ทั่วกองและอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติและยากต่อการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราของฟางต่อน้ำต่อปุ๋ยยูเรีย ฟาง: น้ำ: ปุ๋ยยูเรีย = 100:100:6

<u>อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรุงแต่งฟางข้าว</u>

1) ตาชั่ง

2) บัวรดน้ำ

3) แผ่นพลาสติกใสบาง (พลาสติกในราคาถูกชนิดที่ใช้ทำเห็ดฟาง)

4) ฟางข้าวไม่ขึ้นรา ในที่นี้จะใช้ฟางอัดฟ่อนเพราะสะดวกในการทำและการนำไปใช้ 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

<u>วิธีทำฟางปรุงแต่ง</u>

แบ่งฟาง ยูเรีย และน้ำ ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน คือ ฟางส่วนละ 8 ฟ่อน น้ำ 160 กก. และปุ๋ยยูเรีย 10 กก. เรียงฟาง 8 ฟ่อนแรกลงไปในบ่อก่อน โดยวางตั้งฟ่อนฟางขึ้น แกะลวดหรือเชือกที่มัดฟางออก(ไม่จำเป็นต้องกระจายฟาง) รดน้ำเปล่าที่ไม่ได้ผสมยูเรียประมาณ 60 กก.ให้ทั่ว จากนั้นละลายปุ๋ยยูเรีย 10 กก. กับน้ำ 100 กก. นำไปรดฟางที่อยู่ในบล็อคให้ทั่ว การทำเช่นนี้จะช่วยให้ยูเรีย กระจายไป ตามเส้นฟางอย่างทั่วถึง ส่วนฟางที่เหลือก็ทำในลักษณะเดียวกัน โดยวางซ้อนขึ้นไปด้านบนได้เลย เรียงฟางเต็มบ่อแล้ว ใช้พลาสติกใสคลุมด้านบน โดยวางพลาสติกให้เลื่อมกันและเหน็บชายลงไปด้านข้างในบ่อให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการรั่วซึมของแอมโมเนีย คลุมด้วยกระสอบเพื่อไม่ให้กองฟางสัมผัสแดดโดยตรง ใช้ดินหรือวัตถุหนักๆ วางทับบนกระสอบไม่ให้ลมพัดกระสอบปลิว

<u>การนำมาใช้</u> การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวจะใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ จึงจะเริ่มเปิดมาใช้ได้ การเปิดกองก่อนกำหนดจะทำให้การปรุงแต่งไม่สมบูรณ์ วิธีการเปิดกองมาใช้จะเปิดจากทางด้านกว้างของบ่อ โดยนำวัสดุคลุมออกและเปิดพลาสติกพับตามขวาง นำฟางปรุงแต่งฟ่อนที่ติดอยู่ริมสุดทั้งชั้นบนและล่างออกมาใช้ก่อนตามปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน แล้วปิดพลาสติกและวัสดุคลุมตามเดิม ทำเช่นนี้ทุกวันจนกระทั่งหมดกองจึงเริ่มเปิดกองใหม่ต่อไป ฟางที่ปรุงแต่งคุณภาพแล้ว เมื่อนำออกมาจากกองจะมีกลิ่นแอมโมเนียแรงมาก ซึ่งมีความน่ากินต่อโคน้อย จึงจำเป็นต้อง นำมาผึ่งในร่มให้หมดกลิ่นเสียก่อน โดยใช้เวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน หรืออาจจะเปิดบ่อในตอนค่ำและผึ่งฟางไว้ตลอดคืน รุ่งเช้าสามารถนำมาเลี้ยงโคได้เมื่อเปิดกองแล้วให้กินให้หมดภายใน 3 - 4 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สิ่งจำเป็นในการเลี้ยงโคด้วยฟางปรุงแต่ง

1. โคทุกตัวควรได้รับอาหารข้นอย่างน้อยวันละ 1.5 กก. และได้รับแร่ธาตุอย่างพอเพียง

2. โคทุกตัวต้องได้รับวิตามินเอและอีเสริม โดยอาจจะได้จากหญ้าสด หรือใบกระถินสดวันละประมาณ 5 กก. หรือให้กินวิตามินเอและอีประมาณวันละ 1 ช้อนชาต่อตัว หรืออาจจะฉีดวิตามินเอ ดีและอี ให้ในอัตรา 5 ซีซี. ต่อตัวต่อเดือน

3. ต้องมีน้ำให้โคกินตลอดเวลา การขาดน้ำจะทำให้โคกินฟางปรุงแต่งลดลง

ข้อควรระวัง

1. ระวังอย่าให้พลาสติกที่คลุมมีรูหรือบ่อซีเมนต์แตกหรือมีรอยรั่ว

2. วิธีทำควรแยกทำทีละชั้น

3. ต้องละลายยูเรียกับน้ำให้เข้ากันให้ดีเสียก่อน

4. ไม่ใช้กับโคอายุต่ำกว่า 6 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ

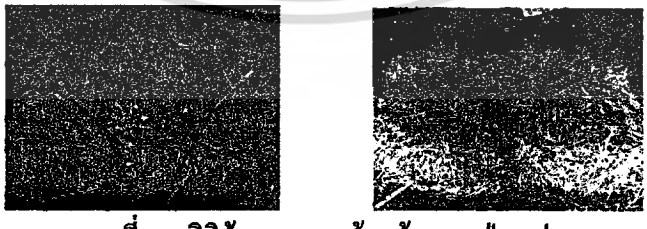
โภชนะ	ฟางธรรมดา	ฟางหมักยูเรีย		ฟางราดสารละลายยูเรีย – กากน้ำตาล
		สด	แห้ง	
วัตถุแห้ง (DM)	90.0	57.0	90.0	63.48
โปรตีนรวม (CP)	2.76	4.99	7.88	7.02
เยื่อใย (CF)	38.13	21.11	33.33	-
เถ้า (Ash)	14.54	11.6	18.3	-
ไขมัน (EE)	2.00	3.09	4.88	1.92
คาร์โบไฮเดรต (NFE)	32.27	16.21	25.61	-
โภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN)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

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฟางข้าว

2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าวที่ศึกษาได้แก่ ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้างบนผิวโลหะเรียบ ความชื้นของฟางข้าว แรงที่ใช้ในการดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน แรงที่ใช้ดึงแยกฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

ภาพที่ 2.4 ฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว



ภาพที่ 2.5 มิติด้านบนและด้านข้างของฟ่อนฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.1 ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว

ฟางข้าวที่ใช้ในการศึกษาถูกอัดเป็นฟ่อน มีมิติเป็น 14*18*40 นิ้ว (36*46*100 cm.) น้ำหนัก โดยเฉลี่ย 19.62 kg. ความชื้นมาตาราฐานเปียก 8.96% ฟางแต่ละฟ่อนประกอบด้วยชั้นฟางประมาณ 6–10ชั้น โดยมีความหนาประมาณ 10 – 17 cm. เป็นชั้นภาคตัดขวาง ซึ่งจะแยกกันภายในก้อนฟางเมื่อปลดเชือกมัดและหมุนพลิกไป 90° เชือกที่ใช้มัดเป็นเชือกเกลียวโดยมัดเป็น 2 แถว

2.6.1.2 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

<u>วิธีการทดลอง</u>:

ฟางที่ใช้ศึกษามีลักษณะเป็นฟางข้าวอัดฟ่อนสีเหลือง ลำต้นเล็ก มีมิติ 14*18*40 นิ้ว (36*46*100 cm.) น้ำหนักโดยเฉลี่ย 19.62 kg โดยการนำฟ่อนฟางมาวางบนผิวโลหะเรียบ และค่อยๆยกแผ่นโลหะที่ปลายด้านหนึ่งให้เอียงทีละเล็กน้อย จนกระทั่งฟ่อนฟางเริ่มเคลื่อนที่ลงมาด้วยความเร็วค่อนข้างคงที่ วัดค่าความสูงและระยะฐานโดยใช้ลูกดิ่งช่วยในการวัด และคำนวณค่ามุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนพื้นผิวโลหะเรียบ

2.6.1.3 ความชื้นของฟางข้าว

<u>วิธีการทดลอง</u> :

นำฟางข้าวจำนวนหนึ่งมาหาค่าความชื้นโดยวิธีใช้ตู้อบ ด้วยการชั่งน้ำหนักฟางและภาชนะบรรจุที่แห้งก่อนอบ จากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 103 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ASAE STANDARD: ASAE S358.1, ASAE Year Book 1988) แล้วนำฟางในภาชนะบรรจุออกจากตู้อบใส่ลงในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นจึงนำมาชั่งน้ำหนักภายหลังการอบ

-ความชื้นฐานเปียกหรือความชื้นปกติ คำนวณได้จากสูตร

$$MC_w = 100 (w - d) / w$$

และความชื้นฐานแห้ง คำนวณได้จากสูตร

$$MC_d = 100 (w - d) / d$$

เมื่อ MC_w คือ ความชื้นฐานเปียก (%)

MC_d คือ ความชื้นฐานแห้ง (%)

w คือ มวลของวัสดุก่อนอบ (g)

d คือ มวลของวัสดุแห้งหลังอบ (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ผลการทดลองและวิจารณ์

2.6.2.1 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนพื้นผิวโลหะเรียบ

จากการทดลอง 5 ครั้ง มุมเสียดทานของฟ่อนฟางบนผิวโลหะเรียบมีค่าน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ย 19.06° และ 20° กับแนวราบตามลำดับ

2.6.2.2 ความชื้นของฟางข้าว

จากการทดลอง 5 ครั้ง ความชื้นฐานเปียก และ ความชื้นฐานแห้งของฟางข้าวมีค่าโดยเฉลี่ย 8.96 % และ 9.84% ตามลำดับ

2.6.2.3 การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน และ การดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟ่อน

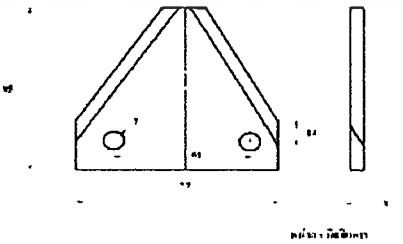
พฤติกรรมแรงและการเปลี่ยนรูป (ระยะดึง) ของการดึงแยกฟางออกจากฟ่อน และการดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อน ค่าที่ได้จากการดึงแยกฟางข้าว พบว่าการดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟ่อนใช้แรงดึง (29.69 kg) มากกว่าการดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน (16.50 kg) ทั้งนี้เพราะการอัดตัวแน่นมากกว่าฟางทั้งฟ่อน การดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อนจึงยากกว่าการดึงแยกฟางออกจากฟ่อน

2.7 ทฤษฎีที่จะนำมาออกแบบใบมีดที่ใช้สับวัสดุ

2.7.1. การป้อนใบมีด

O'Dogherty (1982) รายงานว่า Chancellor ได้พิจารณาค่ามุมใบมีดจาก 20° ถึง 80° และแนะนำว่าแรงในการตัดและพลังงานจำเพาะจะมีค่าน้อยที่สุดที่ค่ามุมต่ำกว่า 30° ค่าใบมีดที่เหมาะสมที่สุดควรเป็น 35° เสนอโดย Berentsen ค่ามุมใบมีดที่เหมาะสมควรเป็น 30° ถึง 35° กำหนดขึ้นโดย Alikhashkin และ Khomenko งานของ Kora และ Cermak แสดงให้เห็นว่ากำลังการตัดของเครื่องสับชนิดหัวสับทรงกระบอกจะมีค่าสูงสุดสำหรับใบมีดที่มีค่ามุมประมาณ 40° Berentsen กล่าวว่าค่ามุมใบมีดประมาณ 40° เป็นมุมที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาพลังงานการตัดค่าเพียงค่าเดียว และได้เสนอว่ามุมใบมีดสำหรับวัสดุที่เป็นหญ้าควรมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 35° จากการรายงานทั้งหมดนี้ความต้องการพลังงานในการปฏิบัติงานจะต่ำสุดเมื่อค่ามุมใบมีดประมาณ 30° ถึง 40°

2.7.2. ความคมของใบมีด (Blade Sharpnees)



ภาพที่ 2.6 Cutter bar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 ช่องว่างระหว่างใบมีดกับแท่นการตัด (Blade clearnance with shear bar)

O'Dogherty (1982) รายงานว่า Chancellor ได้แนะนำว่าขนาดช่องว่างที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ ค่าอัตราส่วน d / μ เมื่อ d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของวัสดุอาหารปศุสัตว์ และ μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างวัสดุที่ถูกตัดและเหล็ก และยอมรับข้อเสนอจาก Chancellor ว่าระยะช่องว่างที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น Burmistrova ได้เสนอข้อมูลสำหรับวัสดุที่เป็นหญ้าว่าค่า μ อยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.86 สำหรับวัสดุที่มีปริมาณความชื้น 70 % หรือที่มีปริมาณความชื้นมากกว่านี้

2.8 การศึกษาใบมีดหั่นวัสดุเกษตร

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

2.8.1 ใบมีดชนิดจานกลม (flywheel type)

รูปร่างของหัวสับมีลักษณะเป็นจานกลม ใบมีดติดอยู่ในแนวรัศมี โดยปกติจะมีใบมีด 4-6 ใบ ดังแสดงในภาพ 2.7 (ก) เส้นผ่านศูนย์กลางของใบสับประเภทนี้มีขนาดค่อนข้างใหญ่บางแบบที่เป็นประเภทใช้งานหนัก (heavy duty) อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวสับถึง 1.25 เมตรและมีใบมีดได้ 2,5,หรือ 10ใบ

2.8.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก (cylinder type)

รูปร่างของใบสับประเภทนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกดังแสดงในภาพ 2.7 (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

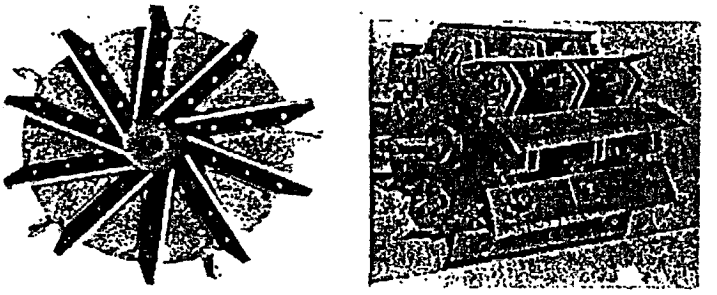
ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรขนาดใหญ่ได้ (ขึ้นอยู่กับการออกแบบ)

ข้อเสีย

เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยจะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุนลักษณะหัวสับ (cutter head) โดยทั่วไปเป็นดังนี้การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างของใบมีดจะทำให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิดที่ต้องใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆกัน เพื่อให้เกิดความสมดุลของใบสับ



(ก) (ข)

ภาพที่ 2.7 ใบสับ (cutterhead) (ก) หัวสับชนิดจานกลม (flywheel type),
(ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก (cylinder type)
(MECHANICS OF CUTTING PLANT MATERIAL,ASAE Technical Editor:James A. Basselman,1987)

2.8.3 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 1 ใบมีดสามารถใช้งานได้ทั้ง 4 ขอบ (Courtesy W-W Grinder Corp.)

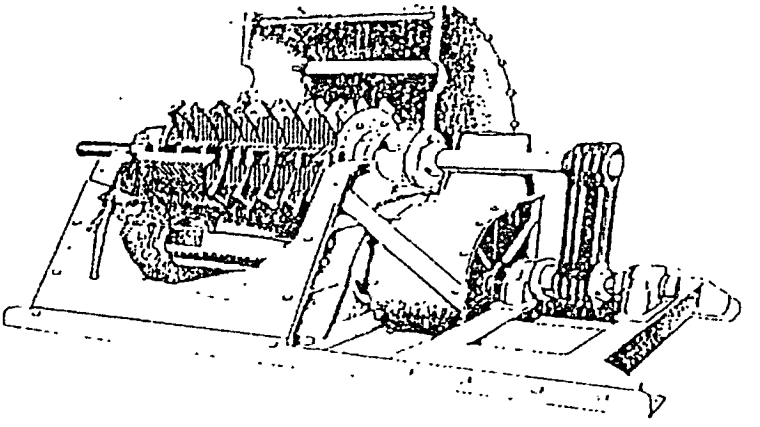
ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ความเสียหายเมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในเครื่องไม่มาก ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก เนื่องจากใบมีดที่หมุนจะมีลักษณะคล้ายพัดลมคอยเป่าลม

ข้อเสีย

ผลผลิตที่ได้มีขนาดไม่ค่อยสม่ำเสมอ ต้องการกำลังขับสูง เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยยาวจะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

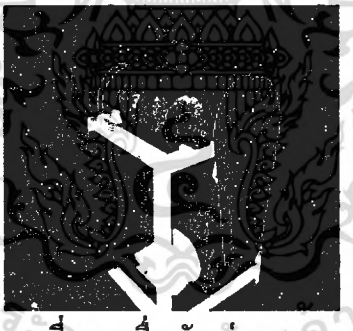


ภาพที่ 2.8 แฮมเมอร์มิล (Open view of Hammer Mill)

(MECHANICS OF CUTTING PLANT MATERIAL,ASAE Technical Editor:James A. Basselman,1987)

2.8.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน

การออกแบบใบมีดเครื่องย่อยวัสดุของ บริษัท Shredding Systems ประเทศ แคนาดา (http://www.shred-tech.com/index.html) เป็นเครื่องย่อยที่ใบมีลักษณะเป็นวงสองวงขบกัน โดยใบมีดจะร้อยเป็นชุดใบมีดอยู่บนเพลาเดียวกัน แบ่งเป็นชุดใบมีด 2 ชุด ดังภาพที่ 2.9 ขณะใช้งานชุดมีดทั้งสองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยใช้กำลังขับมอเตอร์จำนวนสองตัวขับแยกกันขับเคลื่อนที่ชุดทั้งสองชุด สามารถย่อยวัสดุได้หลายชนิด ซึ่งได้แก่ ไม้ กระดาษ ยางรถยนต์เป็นต้น โดยความเร็วที่ใช้คือ 30 รอบ/นาที



ภาพที่ 2.9 เครื่องจักรย่อยเศษยาง

(การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ,การประชุมวิชาการ 18-20 ตุลาคม 2547)

2.8.5 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว

การออกแบบเครื่องย่อย ปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว ของ บริษัท ทูอี แอนด์ อีควิปเม้นท์ จำกัด เป็นเครื่องย่อยที่มีลักษณะการทำงานเป็น Hammer Mills ที่ด้านบนของตัวเครื่องและ Chipper ที่ด้านข้างของตัวเครื่อง ซึ่งหลักการทำงาน Chipper คล้ายเครื่องย่อยประเภท หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) แต่มีความต่างกันคือแบบ Chipper จะมีใบมีดเพียงหนึ่งหรือสองใบแล้วแต่การออกแบบ โดยความสามารถของเครื่องย่อย คือ สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรตั้งแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

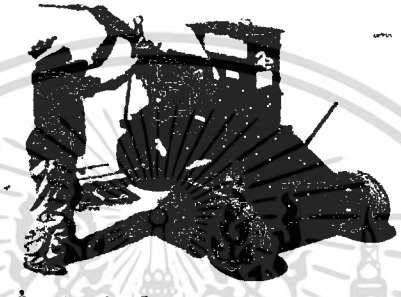
หญ้าขน จนถึงไม้โตสุด 4 นิ้ว นอกจากนี้ยังสามารถย่อยตีขุยมะพร้าวได้และแยกเส้นใยมะพร้าวออกจากกันในเครื่องเดียวกัน ขนาดชิ้นงานสามารถปรับขนาดได้โดยการเปลี่ยนตะแกรงที่ชุด Hammer Mills ความสามารถในการย่อย 300-400 kg/hr

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว สามารถใช้งานได้หลายประเภทในเครื่องเดียวกัน

ข้อเสีย

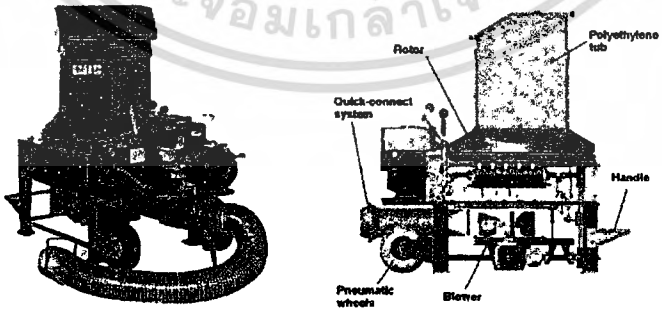
เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใย จะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน ไม่เหมาะกับพืชน้ำหรือฉ่ำน้ำ ไม่เหมาะกับการย่อยกิ่งไม้ทั้งกิ่งที่มีใบติดอยู่



ภาพที่ 2.10 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีขุยมะพร้าว
(www.b2bthai.com/nimut/ProductInfo)

2.9 การศึกษาเครื่องหั่นฟางในต่างประเทศ

ผลิตโดย Greenheyes fram ใช้สำหรับหั่นฟางและพ่นออกไปปูพื้นคอกสัตว์เพื่อให้แห้งและสะอาด ตัวเครื่องติดตั้งอยู่หลังแทรกเตอร์เพื่อความสะดวกในการเข้าทำงานในพื้นที่ ใช้ต้นกำลังจากเพลา PTO สามารถหั่นฟางได้ทีละ 1 ฟ่อน เพื่อความสะดวกในการทำงานจึงออกแบบให้มีส่วนบรรทุกฟางฟ่อนที่ส่วนท้ายของเครื่องโดยสามารถบรรทุกได้ 4 ฟ่อน ในระหว่างการทำงานเครื่องจะถูกยกให้พ้นจากพื้นโดยระบบไฮดรอลิกของแทรกเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.11



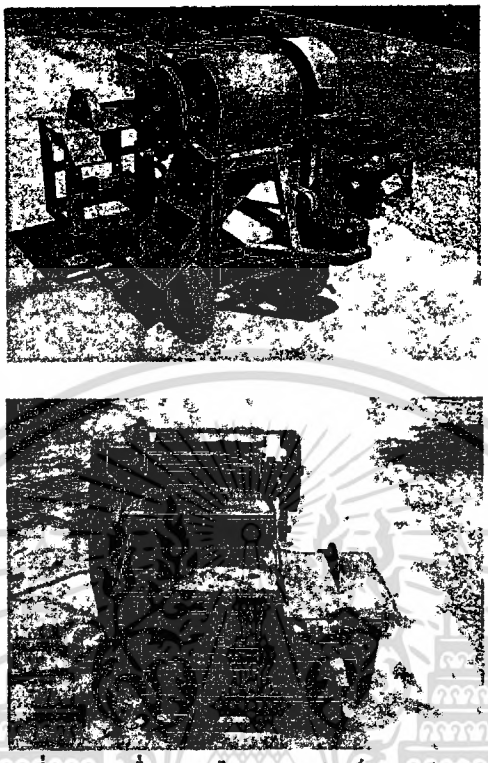
ภาพที่ 2.11 เครื่องหั่นฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์

ผศ.ภรต กุญชร ณ อยุธยา และศักดา จันทร์ทอง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร



ภาพที่ 2.12 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์

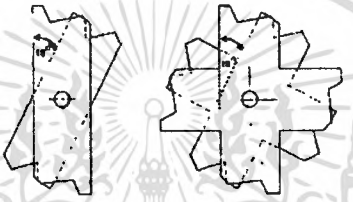
ข้อมูลจำเพาะของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์

- เป็นเครื่องสับที่มีหัวสับแบบทรงกระบอก ใบมีด 6 ใบ ความกว้างในการสับ 320 mm
- ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 2.5 mm
- ใบมีดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 mm 1 ใบใช้กับเครื่องยนต์ หรือมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 5 กำลังม้า
- สมรรถนะสับต้นสับปะรดความชื้น 76.23 % (w.b.) 130.29 kg/h
- สามารถใช้สับวัสดุเกษตรต่าง ๆ เช่น ต้นข้าวโพด กิ่งมะม่วงสด ฟางข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

ภาพที่ 2.13 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม



ภาพที่ 2.14 ลักษณะโครงเหล็กแผ่นยึดใบมีดตัด

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

ขนาด (มม.)	1760 x 1550 x 1650 (กว้าง x ยาว x สูง)
น้ำหนัก (กก.)	ประมาณ 40 กก. (ไม่รวมแครื่องยนต์)
เครื่องยนต์ต้นกำลัง (แรงม้า)	เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้า ที่ 2400 รอบต่อนาที
ระบบถ่ายทอดกำลัง	สายพานกับพูเล่ย์ และ ระบบเฟืองเกียร์
ลักษณะชุดใบมีดตัด	แบบเปิด 4 ใบมีด ทำจากเหล็กกล้าคุณภาพสูง โดยมีความยาวแนวคมใบมีด 460 มม. มุมคม 30 องศา ยึดติดกับแผ่นเหล็กลักษณะที่ไขว้ทำมุมกัน 18 องศา ใบมีดสามารถปรับตำแหน่งเมื่อโครงชุดใบมีดหมุนจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. คมใบมีดตัดทำมุมเอียง 12 องศา กับแนวคมใบมีดรับ เพลาใบมีดตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50.8 มม น้ำหนักไม่รวมพูเล่ย์และลูกปืนรองลื่นประมาณ 110 กิโลกรัม
ลักษณะใบมีดรับ	แอ่นโค้งเข้าหาแนวกึ่งกลางยาว 380 มม. ผิวคมด้านบนแหงนทำมุม 10 องศา กับระนาบแนวราบ โดยมีมุมหลบ 10 องศา กับแนวดิ่ง ทำให้มุมคมใบมีดรับเท่ากับ 70 องศา

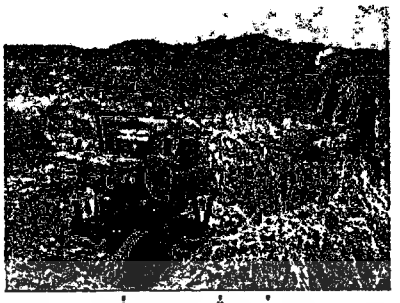
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดระบบลูกกลิ้งป้อน	**มีลักษณะทรงกระบอกยาว 380 มม. 2 อัน หมุนในทิศทางสวนทางกัน ลูกกลิ้งอันบนมีลักษณะเป็นสันครีบเหล็กหนา 11 มม. สูง 19 มม. เชื่อมรอบเพลากลม จำนวน 8 ครีบ จนมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขอบนอก 90 มม. ลูกกลิ้งอันล่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผิวขอบด้านนอก 90 มม. ยาว 380 มม. บริเวณกึ่งกลางยาว 70 มม. กลึงลดเป็นแอ่ง ท้องแอ่งเป็นระนาบแนวตรงเส้นผ่าศูนย์กลาง 66 มม. ยาว 10 มม. ด้านข้างที่ต่อจากท้องแอ่งเป็นระนาบเอียงลาด ยาว 5 มม. และ 25 มม. ตามลำดับ ส่วนบริเวณขอบของลูกกลิ้งอันล่างที่เป็นระนาบแนวตรง พิมพ์ลายตรงและเซาะร่องรูปสามเหลี่ยมกว้าง 3 มม. ลึก 3 มม. จำนวน 16 ร่อง ระยะห่างเท่าๆ กัน บริเวณท้องแอ่งที่เป็นระนาบตรงก็พิมพ์ลายกันลื่นด้วย ลูกกลิ้งอันบนสามารถเคลื่อนตัวเพื่อควบคุมและปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง โดยการยึดรั้งด้วยสปริงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางเส้นลวด 3 มม. ยาว 34 มม. และมีคันโยกคานแขนยึดแกนเพลาลูกกลิ้งอันบน เพื่อช่วยยกลูกกลิ้งอันบนในช่วงตอนเริ่มป้อนโคนทางปาล์มเข้าเครื่อง**
ช่องทางออกของเศษวัสดุที่หั่นย่อยแล้ว	**มีลิ้นปรับระยะและทิศทางการกระจายของเศษวัสดุ**
ระบบการเคลื่อนย้าย	**มีล้อ 4 ล้อ พร้อมคันลากจูง โดยล้อคู่หน้าหมุนปรับทิศทางการเคลื่อนที่ได้**
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	1,500 - 2,500 (ขึ้นอยู่กับขนาดและสภาพของทางปาล์ม)
ขอบเขตการใช้งาน	**สามารถใช้กับทางปาล์มน้ำมันทุกขนาดและทุกสภาพ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.3 เครื่องหั่นฟาง

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 2.15 เครื่องหั่นฟาง

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องหั่นฟาง

ชุดใบมีดหั่น

- ใบมีดเหล็กแข็งคุณภาพดี ติดตั้งเฉียงจากแนวระนาบประมาณ 12 องศา 2 ใบ ความเร็วรอบ 800-1,000 รอบต่อนาที
- ใบมีดรับติดตั้งอยู่กับโครงเครื่องในแนวระนาบ 1 ใบ (ไม่มีล้อช่วยแรง)

ชุดป้อนวัสดุขับเคลื่อน

- ลูกกลิ้ง 2 ลูก หมุนสวนทางด้วยความเร็วรอบเท่ากัน ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตามปริมาณของการป้อนวัสดุได้ โดยการควบคุมบังคับด้วยสปริง

ระบบถ่ายทอดกำลัง

- สายพานกับพูเล่ย์และระบบเฟืองเกียร์
- ล้อยางเคลื่อนย้าย 4 ล้อ

ขนาด (กว้าง X ยาว X สูง) = 115 X 150 X 120 ลูกบาศก์เซนติเมตร

น้ำหนัก (ไม่รวมเครื่องยนต์) ประมาณ 340 กิโลกรัม

เครื่องต้นกำลัง เครื่องยนต์ดีเซล 8 แรงม้า หรือ มอเตอร์ไฟฟ้า 5 แรงม้า

ความสามารถในการทำงาน

- หั่นฟาง 600-750 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขนาดความยาวฟางที่หั่นแล้วตามทฤษฎี 19 มม.
- ความสามารถอื่นๆ ใช้หั่นอาหารสดสำหรับเลี้ยงสัตว์ เช่น ต้นข้าวโพด และ หญ้าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงพลังงานมวลชีวภาพ

พลังงานมวลชีวภาพ

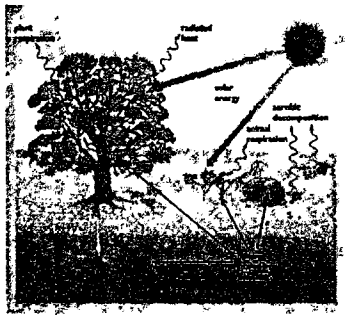
พลังงานมวลชีวภาพเป็นพลังงานที่มีการหมุนเวียนโดยธรรมชาติอีกแหล่งหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจมานานจากทั่วทุกมุมโลก เพราะเป็นการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติทดแทนพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ทั้งในรูปของเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อน โดยการนำเอาเศษวัสดุทางการเกษตร พืช หรือมูลสัตว์ต่างๆมาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงาน ทำให้มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างต่ำและเป็นการเปลี่ยนวิธีกำจัดเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตร โดยการนำมาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้แหล่งพลังงานมวลชีวภาพยังถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ได้โดยไม่มีวันหมดถ้ามนุษย์สามารถรักษาสมดุลระหว่างการนำมาใช้และการสร้างคืนให้แก่ธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการนำเอาแหล่งมวลชีวภาพต่างๆมาใช้ประโยชน์ ก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียเหมือนกันกับแหล่งพลังงานจากหลายๆแหล่ง ดังนั้นการศึกษาวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆเพื่อใช้ในการเปลี่ยนแหล่งมวลชีวภาพให้เป็นพลังงานตามที่มนุษย์ต้องการจึงไม่มีวันจบสิ้น

2.11.1 ความหมายของพลังงานมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ (biomass) หมายถึง เนื้อสารของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ซึ่งรวมทั้งคน สัตว์และพืช สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถนำมาเปลี่ยนรูปให้เกิดเป็นพลังงานได้ทั้งสิ้น ในกรณีของคนและสัตว์เมื่อเสียชีวิตไปแล้วร่างกายที่ถูกฝังหรือเผาจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่สะสมในพืช เพราะเมื่อมีการย่อยสลายแล้วจะกลายเป็นปุ๋ยช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ สำหรับสัตว์บางชนิดอาจถูกแยกเอาไขมันไปสกัดเป็นน้ำมันเพื่อการบริโภคและเปลี่ยนรูปไปเป็นแหล่งพลังงานหรือเชื้อเพลิงได้ หรือแม้แต่มูลสัตว์ที่เกิดจากการทำปศุ-สัตว์ก็สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ ส่วนในกรณีของพืชถือว่าเป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพที่เป็นแหล่งใหญ่ที่สุด เนื่องจากสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ทุกส่วนตั้งแต่ราก ลำต้น กิ่งก้าน จนกระทั่งถึงใบ นอกจากนี้หากเป็นพืชที่มนุษย์ปลูกขึ้นเพื่อการเกษตร เมื่อนำเอาส่วนที่ต้องการไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์แล้ว เศษที่เหลือหรือกากต่างๆ ก็สามารถนำไปเป็นแหล่งพลังงานได้เช่นกัน

การใช้พืชเป็นแหล่งพลังงาน เสมือนเป็นการนำเอาแหล่งพลังงานสำรองจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์นั่นเอง เพราะการที่พืชเจริญเติบโตได้จะต้องอาศัยการสังเคราะห์แสงในการสร้างอาหารซึ่งอยู่ในรูปของคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในพืช นั่นคือสามารถกล่าวได้ว่าพืชเป็นแหล่งสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีที่สุด เพราะสามารถเก็บสำรองพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพไว้ได้นานนับสิบนับร้อยปี และไม่มีการสูญเสียเหมือนกับแหล่งเก็บพลังงานสำรองอื่นๆ (Boyle. 2004 : 106) รูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพในธรรมชาติ ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 แสดงรูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพ

ที่มา (Boyle. 2004 : 107)

2.11.2 พลังงานจากการสังเคราะห์แสง

การสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในพืชต่างๆนั้น เกิดจากการที่พืชต้องใช้แสงอาทิตย์ในการสร้างอาหารโดยการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นในพืช จะมีลักษณะคล้ายกับปฏิกิริยาในการเผาไหม้คือ ต้องใช้ออกซิเจนและจะได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำออกมา แต่ในกรณีนี้จะพิเศษกว่าเพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์แสงจะไม่มีวันหยุด ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาแบบครบวงจร คือให้ทั้งเชื้อเพลิงและออกซิเจน ส่วนน้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์พืชสามารถดึงเอาจากบริเวณใกล้เคียงมาใช้ ปฏิกิริยาในการสังเคราะห์แสงสามารถเขียนเป็นสมการเคมีทั่วไปได้ดังนี้ (Ristinen & Kaushaar. 1999 : 147-148)

$$CO_2 + 2H_2O + \text{แสงอาทิตย์} \longrightarrow CH_2O + H_2O + O_2$$

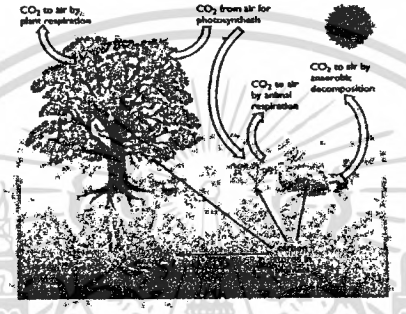
จากปฏิกิริยาพื้นฐานที่เกิดขึ้นนี้พบว่า การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ในรูปของโมเลกุลพื้นฐานของคาร์โบไฮเดรต (CH_2O) 1 โมล จะต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 112 กิโลแคลอรี (หรือ 470 กิโลจูล) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสูตรเคมีทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตคือ $C_x(H_2O)_y$ เมื่อ x และ y เป็นตัวเลขที่แสดงถึงประเภทต่างๆ ของคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลกลูโคส มีสูตรเคมีเป็น $C_6H_{12}O_6$ หรือซูโครสมีสูตรเคมีเป็น $C_{12}H_{22}O_{11}$ เป็นต้น ในสมการ แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 674 กิโลแคลอรี (2,830 กิโลจูล)

$$6CO_2 + 6H_2O + \text{แสงอาทิตย์} \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงในพืชเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลายขั้นตอน ตามองค์ประกอบของโมเลกุลของน้ำตาลที่อยู่ในปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นซึ่งก็คือ สารสี (pigment) หรือคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) สารสีที่มีอยู่ในพืชมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ ชนิดที่ดูดกลืนแสงในช่วงของแสงสีแดงจากสเปคตรัมของแสง กับ ชนิดที่ดูดกลืนแสงในช่วงของแสงสีน้ำเงินจากสเปคตรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแสง ทำให้มองเห็นใบของพืชเป็นสีเขียว ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานของพืชพบว่า พืชมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมีและสะสมอยู่ในตัวเองได้สูงสุดได้ไม่เกินร้อยละ 12.3 เมื่อเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง จากปริมาณร้อยละ 43 ของแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ส่งมายังโลก (Lewis. 1983 : 54) ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งที่อยู่ของพืช ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการธรรมชาติของพืชถือว่าอยู่ในสภาวะสมดุลคือ ปริมาณในการรับคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในขณะที่พืชทำการสังเคราะห์แสง จะเท่ากับปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออก วัฏจักรคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติดังแสดงไว้ในภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงรูปแบบของวัฏจักรคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติที่มา (Boyle. 2004 : 111)

2.11.3 แหล่งพลังงานมวลชีวภาพ

การใช้พลังงานจากมวลชีวภาพเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ จำพวกไม้ฟืน แกลบ หรือ มูลสัตว์ต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานความร้อน ในประเทศกำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศ ถือว่าเป็นการใช้พลังงานมวลชีวภาพแบบดั้งเดิม (Traditional biomass) ซึ่งไม่สามารถกล่าวได้ในรูปแบบของการบริโภคพลังงานแบบมหภาคหรือเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึงการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพมักจะกล่าวถึงในลักษณะของปริมาณการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งลักษณะการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบนี้เรียกว่า การใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบใหม่ (new biomass) โดยสามารถจำแนกแหล่งพลังงานจากมวลชีวภาพออกเป็น 2 แหล่งหลักๆคือ

2.11.3.1 แหล่งพลังงานที่เป็นพืช

พลังงานจาศมวลชีวภาพที่มาจากแหล่งพลังงานที่เป็นพืช (Energy crops) เป็นการนำเอาพืชทั้งประเภทที่มีอยู่ในธรรมชาติและทำการเพาะปลูกขึ้นเอง มาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งพลังงานจากพืชเหล่านี้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.11.3.1.1 ประเภทที่มีลักษณะเป็นไม้ (woody crops) สามารถพบเห็นได้

โดยทั่วไปโดยเฉพาะตามแหล่งป่าไม้ต่างๆ ป่าไม้เป็นแหล่งช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าในช่วงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของต้นไม้หนึ่งต้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้นั้นช่วยดูดซับจากชั้นบรรยากาศเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงจะมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการนำเอาต้นไม้ต้นนั้นมาทำการเผาไหม้ดังนั้นการนำเอาต้นไม้จากธรรมชาติหนึ่งต้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะไม่ทำให้ธรรมชาติเสียสมดุลในเรื่องของมลพิษแต่อย่างใด แต่ปัญหาของมลพิษที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศคือมนุษย์มีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น โดยเฉพาะจากซากดึกดำบรรพ์ซึ่งทำให้มีการปล่อยก๊าซพิษต่างๆ ออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยแหล่งพลังงานเหล่านั้นไม่สามารถกำจัดของเสียด้วยตัวของมันเองได้เหมือนต้นไม้ จึงเป็นการปล่อยออกมาแล้วสะสมอยู่ในบรรยากาศ

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการใช้ไม้ฟืน หรือถ่านเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในอุตสาหกรรม ต่างๆ ถือว่าลดลงไปอย่างมากโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะผลกระทบจากมลพิษที่เกิดขึ้นต่อบรรยากาศของโลกในทุกวันนี้ อันเนื่องมาจากปริมาณป่าไม้ของโลกที่เหลือน้อยลงไปทุกที ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดใหม่ในเรื่องของการทำป่าไม้คือ การปลูกพืชที่มีความแข็งแรง ลงทนและโตเร็ว ซึ่งไม่ได้มีวัตถุประสงค์โดยตรงในการนำพืชเหล่านี้มาเป็นแหล่งพลังงาน แต่ต้องการนำเอาเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ทั่วไปอย่างอื่น ส่วนเศษไม้ที่เหลือรวมถึงขี้เลื่อยจะถูกนำ ไปใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานทั้งในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแนวคิดนี้จะแตกต่างกับแนวความคิดแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้นำเอาเศษส่วนที่เหลือไปใช้ประโยชน์เลแนวความคิดในการทำป่าไม้แบบใหม่นี้เรียกว่าการปลูกป่าหมุนเวียนช่วงสั้น (short rotation forestry, SRF) นิยมทำกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ โดยในแถบประเทศยุโรปจะใช้พืชที่เป็นไม้ขนาดเล็กในลักษณะของป่าละเมาะหรือป่าแสมซึ่งเรียกว่าการปลูกป่าละเมาะหมุนเวียนช่วงสั้น (short rotation coppice, SRC)

2.11.3.1.2 ประเภทที่มีลักษณะเป็นพืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) ในปัจจุบันมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรจำพวก อ้อย และข้าวโพด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งสิ่งที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจคือการนำเอาศักยภาพที่มีอยู่ในพืชเหล่านี้มาทำเป็น เชื้อเพลิงเหลว (liquid fuels) นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เพื่อใช้เมล็ดไปสกัดเป็นน้ำมันอย่างเช่น ทานตะวัน สบู่ดำ หรือพืชตระกูลถั่วต่างๆ โดยสามารถเปลี่ยนน้ำมันจากพืชเหล่านี้ไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซล และสามารถนำน้ำมันนี้ไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบได้ และการเก็บเกี่ยวที่สั้นค่าพลังงานของแหล่งมวลชีวภาพจากแหล่งที่เป็นพืชแสดงไว้ในตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าพลังงานของแหล่งเชื้อเพลิงมวลชีวภาพชนิดต่างๆ

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าพลังงาน (จิกะจูลต่อตัน)	ค่าพลังงาน (จิกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร)
ไม้ (ความชื้นร้อยละ 60)	6	7
ไม้ (ความชื้นร้อยละ 20)	15	9
ไม้ (ความชื้นร้อยละ 0)	18	9
กระดาษ	17	9
มูลสัตว์แห้ง	16	4
หญ้าสด	4	3
มัดฟาง	15	1.5
ชานอ้อย	17	10
ของเสียจากชุมชน	9	1.5
น้ำมันปิโตรเลียม	42	34
ก๊าซธรรมชาติ	55	50

ที่มา (Boyle. 2004 : 110)

ตารางที่ 2.8 ปริมาณเชื้อเพลิงพลังงานชีวภาพที่มีศักยภาพนำไปใช้เป็นพลังงาน

ชนิด	ปริมาณชีวมวล ที่เหลือ (1,000 ตัน)	พลังงานจากชีวมวล ที่เหลือ (GJ)	ไฟฟ้าที่ผลิต จากชีวมวลที่เหลือ (MW)
ชานอ้อย	2,426	22,441	201
แกลบ	2,543	36,289	425
ทะลายปาล์ม	670	11,966	74
เส้นใยปาล์ม	53	934	74
กะลาปาล์ม	5	92	74
รวม	5,697	71,722	700

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ

วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55 มกราคม-มีนาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ศักยภาพเชิงปริมาณของชีวมวลในการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า

ชนิด	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวลคงเหลือที่นำมาใช้ได้ (ล้านตัน)	พลังงาน	
			(TJ)	(Ktoe)
ข้าว	แกลบ	0.2-4.6	3,236-66,066	77-1,564
	ฟางข้าว	7.4-12.4	75,952-170,375	1,799-4,034
อ้อย	ชานอ้อย	0.0-3.0	0-42,564	0-1,008
	ยอดและใบ	7.7-19.3	66,509-336,452	1,575-7,967
ปาล์ม	ทะลาย	0.0-1.0	0-18,254	0-432
	เส้นใย	0.0-0.2	0-2,467	0-58
	กะลา	0.0-0.1	0-1,328	0-31
	ก้าน	0.0-10.6	0-104,667	0-2,478
มันสำปะหลัง	เหง้า	1.5-1.6	14,197-23,794	336-563
	ลำต้น	0.6-1.6	11,433-29,840	271-707
	กาก	1.9-2.1	12,768-14,112	302-334
ข้าวโพด	ซัง	0.5-0.8	7,500-14,736	178-349
	ลำต้น	2.4	38,932	922
			Total	5,460-20,447

2.11.3.2 แหล่งพลังงานที่เป็นของเหลือใช้

หลังการใช้ประโยชน์จากไม้หรือการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรแล้ว จะมีของเหลือใช้ (wastes) จำพวกเศษไม้ ขี้เลื่อย ซังหรือเปลือกของพืชต่างๆ รวมถึงมูลสัตว์ที่ได้จากการ ปศุสัตว์ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ ของเหลือใช้มีตั้งแต่ระดับในครัวเรือน ระดับชุมชน จนกระทั่งระดับโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าแหล่งพลังงานเหล่านี้มีมากมาย สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.11.3.2.1 เศษไม้ (wood residues) เป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพที่อยู่ในรูปของของแข็ง (solid biomass) มีเกิดขึ้นมากมายจากการทำอุตสาหกรรมป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการใช้แต่เนื้อไม้ ส่วนที่เหลือคือใบและกิ่งก้านต่างๆที่ไม่สามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์รวมถึงบรรดาขี้เลื่อย ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปไม้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทั้งในรูปของพลังงานความร้อน และการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันในประเทศออสเตรียมีใช้ประมาณร้อยละ 6 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด

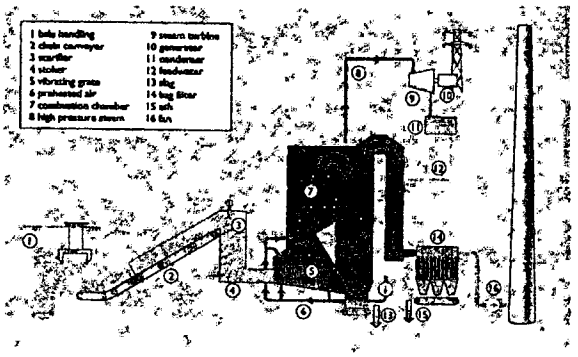
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในสหรัฐอเมริกาใช้เศษไม้เหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้ากว่า 6 จิกกะวัตต์

2.11.3.2.2 เศษพืชผลทางการเกษตร (agricultural wastes) เศษวัสดุต่างๆ ที่เกิดจากพืชผลทางการเกษตรจำพวก ฟางข้าวสาลี ข้าวโพด ชานอ้อย และแกลบ เป็นต้น เศษวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ในแต่ละปีรวมกันมีปริมาณนับพันล้านตัน และเมื่อคิดเป็นพลังงานจะได้พลังงานร่วม 40 ล้านเทตระจูล ในสมัยก่อนฟางจะถูกเผาทิ้งตั้งแต่อยู่ในนาหรือในไร่ ซึ่งก่อให้เกิดให้ปัญหามลพิษเป็นอย่างมาก แต่เมื่อประมาณสิบกว่าปีมานี้ในแถบประเทศยุโรปมีการห้ามเผาฟางในนา จึงทำให้ต้องมีการขนย้ายฟางข้าวมาเก็บไว้ในที่แห้งๆ และเมื่อแห้งแล้วก็จะถูกส่งไปยังแหล่งผลิตไฟฟ้าต่อไป แต่เนื่องจากค่าความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) ของฟางข้าวมีค่า 15 จิกกะจูลต่อตัน และฟางข้าว 1 ตันมีปริมาตรถึง 6 ลูกบาศก์เมตร ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการเก็บรักษา จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการอัดฟางให้แน่นเหมือนการอัดกระดาษทำให้มีความหนาแน่นประมาณ 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้และยังช่วยให้การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงสะดวกมากขึ้น สำหรับชานอ้อยซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการบีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเองหรือในกรณีที่สามารถผลิตได้มากจนเหลือใช้ก็สามารถส่งขายผ่านระบบสายส่งได้ ในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลทั่วโลกมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมกันประมาณ 50 จิกกะวัตต์

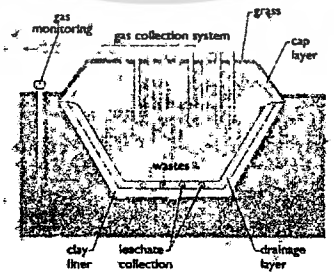
2.11.3.2.3 สิ่งปฏิกูลจากสัตว์ (animal wastes) เนื่องจากในแต่ละวัน สัตว์จะมีการถ่ายสิ่งปฏิกูลออกมาปริมาณมากหรือน้อยก็แล้วแต่ขนาดของสัตว์ชนิดนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการเลี้ยงสัตว์ในลักษณะเป็นฟาร์ม จะสามารถรวบรวมสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ได้ในปริมาณมากพอที่จะสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ สิ่งปฏิกูลเหล่านี้ในเบื้องต้นอาจถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะของปุ๋ยคอก (Animal Manure) ซึ่งถือว่าเป็นการคืนพลังงานให้แก่ธรรมชาติทางหนึ่ง เพราะพืชสามารถดูดซึมเอาสารอาหารบางอย่างไปช่วยในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามในการทำปุ๋ยคอกนั้นจะมีก๊าซมีเทนออกมาซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก ปัจจุบันในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการใช้แหล่งพลังงานเหล่านี้ผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งโรงไฟฟ้าในบางแห่งอาจมีกำลังการผลิตถึง 40-50 เมกะวัตต์ ผังการใช้เศษพืชผลทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้า ดังแสดงในภาพที่ 2.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



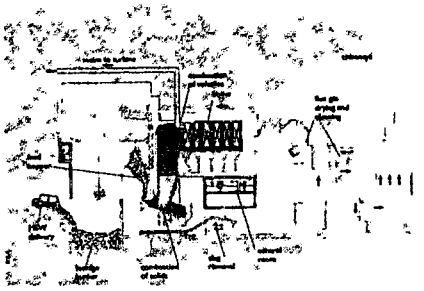
ภาพที่ 2.18 แสดงผังการใช้เศษพืชผลทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้า ที่มา (Boyle. 2004 : 118)

2.11.3.2.4 ของเหลือใช้จากชุมชน (municipal wastes) หรืออาจเรียกโดยทั่วไปว่าขยะจากชุมชน ผลจากการบริโภคของมนุษย์ทำให้มีการทิ้งสิ่งของที่เหลือกินเหลือใช้ให้อยู่ในสภาพขยะ ค่าเฉลี่ยของการทิ้งขยะในแต่ละครัวเรือนของกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมมีมากกว่า 1 ตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นพลังงานถึง 9 จิกกะจูล (Boyle. 2004 : 120) ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นพวกกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะต่างๆ และอื่นๆ อีกมากมาย หนึ่งในขยะเหล่านี้ที่น่าสนใจคือบรรดาพวกขยะที่เป็นสาร อินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยกระบวนการย่อยสารอินทรีย์แบบไม่ต้องใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) และผลที่ได้จากกระบวนการส่วนใหญ่ คือก๊าซมีเทนซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.19 ส่วนขยะประเภทอื่นอาจใช้วิธีคัดแยกเพื่อเอาไปใช้ใหม่ (Recycling) อย่างเช่น พวกขยะที่เป็นโลหะหรือมีส่วนผสมของโลหะอยู่ เป็นต้น นอกจากนี้ขยะส่วนที่เหลือยังสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (Combustion) หรืออาจใช้วิธีฝังกลบ (Landfills) โดยวิธีนี้เมื่อเวลาผ่านไปนานเป็นปีๆ ผลที่เกิดขึ้นคือจะเกิดก๊าซจากหลุมฝังกลบ (Land Fills Gas, LFG) ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 2.20

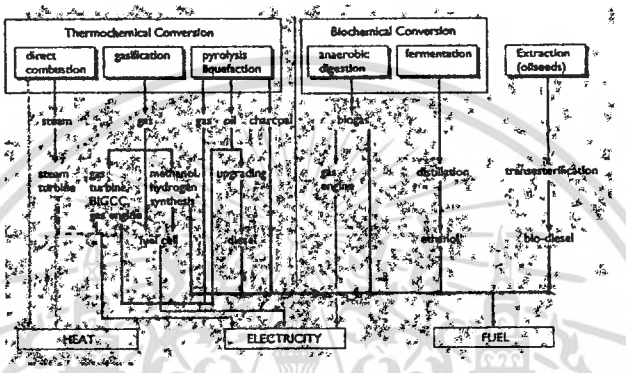


ภาพที่ 2.19 แสดงรูปแบบการนำก๊าซที่เกิดจากการฝังกลบไปใช้ ที่มา (Boyle. 2004 : 121)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 แสดงผังการใช้ของเหลือใช้จากชุมชนเป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้า
ที่มา (Boyle. 2004 : 125)



ภาพที่ 2.21 แสดงผังการเปลี่ยนมวลชีวภาพให้เป็นพลังงาน โดยวิธีต่างๆ
ที่มา (Boyle. 2004 : 127)

ตารางที่ 2.10 ปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวลที่ยังไม่ได้นำไปใช้ ของประเทศไทย

ปริมาณชีวมวลในประเทศไทย	
ประเภท	ล้านตันต่อปี
ชานอ้อย	11.718
แกลบ	5.423
ฟางข้าว	10.54
ลำต้นมันสำปะหลัง	1.247
ทะลายปาล์ม	1.147
เส้นใยปาล์ม	0.94
กะลาปาล์ม	0.131
กาบมะพร้าว	0.502
กะลามะพร้าว	0.222
รวม	31.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

2.12.1 การทดลองหา Power requirement

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสแอมแปร์ ขณะที่ใบมีดตัดก้อนฟาง เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่ากำลังที่ใบมีดทั้งหมดต้องการ ทำการติดใบมีด Cutter Bar สองใบตรงข้ามกันเพื่อ ให้ใบมีดสมดุลบนหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร

ภาพที่ 2.22 แสดงการทดสอบหาการหาเครื่องต้นกำลัง

สูตรการหา Power

$$P = IECOS\theta \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ I = กระแส (A)

E = แรงดันไฟฟ้า(Volt)(220 v)

P = กำลัง (w)

Factor power motor 0.86 หรือ 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.2 อัตราทด (Velocity ratio) m_ω

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

$$m_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{.....(2)}$$

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s

n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm หรือ in

N = จำนวนฟัน

2.12.3 การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับ (Capacity of cut)

สมรรถนะการสับ (กิโลกรัม/ชั่วโมง) = ปริมาณฟางที่สับได้ (กรัม) x 60 .....(3)

1000 x เวลา(นาที)

$$= \frac{32{,}000 \times 60}{1{,}000 \times 20}$$

= 96 กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.12.4 ความต้องการกำลัง (Power requirement)

ความต้องการกำลัง(วัตต์) = $\frac{2\pi \times T \text{ (นิวตัน-เมตร)} \times n \text{ (รอบ/นาที)}}{60}$ .....(4)

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 71.184 \times 750}{60}$$

= 5,588 วัตต์

2.12.5 การคำนวณความชื้นของวัสดุ (MOISTURE CONTENT WET BASIS - %)

MC(% d.b.) = $\frac{\text{Wt of wet material} - \text{Wt of dry materal} \times 100}{\text{Wt of dry material}}$ .....(5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.6 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน

$SH-i \times D-i = SH-L \times D-L$

อัตราทด (ratio) $= SH-i / SH-L$ หรือ

$= D-L / D-i$ .....(6)

กำหนดให้

$SH-i$ = ความเร็วรอบของล้อสายพานขับ (รอบ/นาที)

$D-i$ = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานขับ (มิลลิเมตร, นิ้ว)

$SH-L$ = ความเร็วรอบของล้อสายพานตาม (รอบ/นาที)

$D-L$ = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อสายพานตาม (มิลลิเมตร,นิ้ว)

2.12.7 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด

เปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด (%) = $\frac{\text{น้ำหนักของฟางที่ไม่ถูกเก็บ(กิโลกรัม)}}{\text{น้ำหนักของฟางทั้งหมด(กิโลกรัม)}} \times 100$...(7)

(Percent loss)

2.12.8 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ (Material Capacity)

สมรรถนะเชิงวัสดุ(กก./ชม.) = $\frac{\text{น้ำหนักของฟางที่สับได้(กก.)}}{\text{เวลาที่ใช้(ชม.)}}$ .....(8)

2.12.9 การออกแบบเพลาตัน

ใช้ทฤษฎีการออกแบบเพลาตันตามโค้ดของ ASME วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตยศาสตร์

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

ความเค้นดึงหรือกด $\sigma_a = \frac{4F}{\pi(d^2)}$ ..... (9)

ความเค้นดัด $\sigma_b = \frac{32C_m Md}{\pi(d^4)}$ ..... (10)

ความเค้นเฉือน $\tau_{xy} = \frac{16C_t Td}{\pi(d^4)}$ ..... (11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ $\sigma = \sigma_a + \sigma_b$ ..... (12)

(ในกรณีนี้ไม่มีแรงกระทำในแนวแกน ดังนั้น $\sigma_a = 0$)

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau^2_{xy} + \left[\frac{\sigma}{2}\right]^2\right]^{1/2} \quad \text{..... (13)}$$

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด จากตาราง ค-2

แทนค่าสมการที่ (9), (10), (11) และ (12) ลงในสมการที่ (13) แล้วจัดรูปใหม่จะได้ว่า

$$d^3 = \frac{16}{\pi\tau}\left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2\right]^{1/2} \quad \text{..... (14)}$$

ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาดูได้จากตารางที่ ค-2

ออกแบบเพลา

ที่เพลามีความเร็วรอบ 750 rpm, ต้นกำลังขนาด 8 hp = 5.968 KW

$$P = T\omega$$

$$5.968 \times 1000 = T \times 2\pi \times \frac{750}{60}$$

$$T = 76.512 \quad \text{Nm}$$

$$= 76512 \quad \text{Nmm}$$

เพลาทำจากเหล็ก AISI 1020CD และเซาะร่องลิ่ม

$$\tau = 0.3 \times 0.75 \times \sigma_y$$

$$= 0.3 \times 0.75 \times 390$$

$$= 87.75 \quad \text{MPa}$$

เพลาหมุนด้วยแรงกระตุกอย่างแรง $C_t = 3$ เพลารับแรงบิดอย่างเดียว

$$D^3 = \frac{16 C_t T}{\pi\tau}$$

$$= \frac{16 \times 3 \times 76512}{87.75\pi}$$

$$D = 24 \quad \text{mm x Safety Factor(1.5)}$$

ดังนั้นใช้เพลาขนาด 36 mm. เลือกใช้เพลาขนาด 40 mm.(เพื่อความปลอดภัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.10 การคำนวณหาความเร็วรอบ

ความเร็วรอบล้อขับ X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ = ความเร็วรอบล้อตาม X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม

$$\text{อัตราทด (I)} = \frac{\textit{ความเร็วรอบล้อขับ}}{\textit{ความเร็วรอบล้อตาม}} = \frac{n_1}{n_2} \quad \text{.....(15.1)}$$

$$\text{หรืออัตราทด (I)} = \frac{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม}}{\text{เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ}} = \frac{d_2}{d_1} \quad \text{.....,(15.2)}$$

2.12.11 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน

การเลือกขนาดของสายพานในทางปฏิบัตินั้นมักจะเลือกจากกำลังงานที่แก้ไข (corrected power) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P = W_p \times N_s \times \frac{1}{N_a} \quad \text{.....(16)}$$

โดยที่

P = กำลังงานที่แก้ไข (w)

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง (w)

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางที่ ค-1

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ ค-4 จากนั้นจึงคำนวณหาความกว้างของสายพานได้จากสมการ

$$b = \frac{25P}{P_0} \quad \text{.....(17)}$$

โดยที่

P_0 = กำลังงานที่สายพานกว้าง 25 มิลลิเมตร ส่งได้ หาค่าได้จากตารางที่ ค-3

b = ความกว้างสายพาน (มิลลิเมตร)

การคำนวณหามุมสัมผัส α และความยาวของสายพาน L ในแต่ละกรณีทำได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

สำหรับการขับแบบ open drive

$$\alpha_1 = \pi - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \quad \text{.....(18)}$$

$$\alpha_2 = \pi + 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right) \quad \text{.....(19)}$$

$$L = \left(4C^2 - (D-d)^2\right)^{1/2} + \frac{1}{2}\left(D\alpha_1 + d\alpha_2\right) \quad \text{.....(20)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

α = มุมสัมผัส (angle of contact) เป็น (องศา)

L = ความยาวของสายพาน (มิลลิเมตร)

C = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อขับ (มิลลิเมตร)

2.12.12 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหั่น

ทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบกำลังของเครื่องจักกรกลเกษตรขนาดเล็ก โดยอุปกรณ์ที่นำมาวางบนฐานรองรับอุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องต้นกำลัง เครื่องวัดแรงบิดและเครื่องวัดความเร็วรอบ โดยใช้คัปปลิงแบบหน้าแปลนเป็นตัวเชื่อมต่อเพลาของชุดใบมีดกับเพลาของชุดทดสอบเข้าด้วยกันโดยใช้สายพานในการส่งกำลัง วัดค่าแรงบิดและความเร็วรอบในขณะที่เครื่องหั่นฟางเริ่มทำงานจนกระทั่งสิ้นสุดการทำงาน ในขั้นแรกทำการเดินเครื่องเปล่าที่ความเร็วรอบที่ต้องการทดสอบ วัดแรงบิดเพื่อหากำลังของเครื่องต้นกำลังที่ให้กับเครื่องหั่น ทำการบันทึกผล จากนั้นเริ่มใส่ฟางเพื่อทำการหั่นและวัดแรงบิด โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำที่ความเร็วรอบต่างกัน เพื่อหากำลังที่เครื่องหั่นใช้ในการหั่นฟางข้าว ซึ่งกำลังสามารถหาได้จาก

$$\text{Power (W)} = \text{Torque(Nm)} \times \text{Speed of rotation (rad/s)}$$

ประสิทธิภาพของเครื่องหั่นฟางข้าวคือ

$$\eta = \frac{\text{Power}_{\text{ก่อนหั่น}}}{\text{Power}_{\text{ในการหั่น}}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

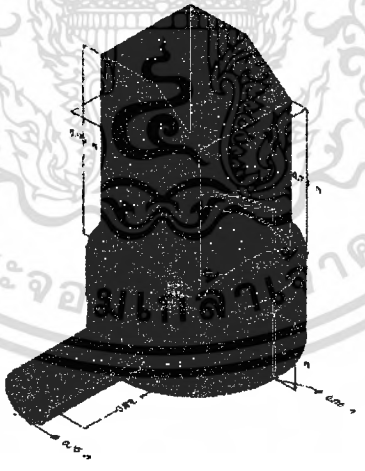
บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟาง

3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบที่ 1

ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแบบใหม่เพื่อขจัดปัญหาการหั่นฟางของเครื่องหั่นแบบเดิมคือเกษตรกรต้องทำการแยกฟางออกแล้วจึงค่อยทำการป้อน ซึ่งทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า และสิ้นเปลืองแรงงาน ซึ่งส่วนประกอบของเครื่องที่ทำการออกแบบและสร้าง โดยส่วนประกอบของเครื่องหั่นมีรายละเอียดดังนี้

1. ถังบรรจุฟ่อนฟาง

มีลักษณะเป็นถังโลหะสี่เหลี่ยมโดยออกแบบให้สามารถบรรจุฟ่อนฟางที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือมีลักษณะเป็นลูกบาศก์สี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 0.5 ม. ยาว 0.55 ม. สูง 0.95 ม. ปากถังอยู่ที่ส่วนบนหันออกมาทางด้านข้างเพื่อความสะดวกในการใส่ฟ่อนฟางให้มีทิศตั้งฉากกับการวางตัวของใบมีด ที่ส่วนล่างเป็นถังกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.86 ม. สูง 0.37 ม. ด้านหน้าของถังมีปล่องลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 ม. ยาว 0.52 ม. เพื่อใช้เป็นช่องทางออกของฟางที่หั่นแล้ว ซึ่งปล่องลมนี้จะสามารถใช้สายยางสวมใส่ได้ ทำให้การพ่นไปเก็บในพื้นที่ทำได้ง่ายขึ้น และยังทำให้ฟางที่หั่นแล้วไม่ฟุ้งกระจายจากการเป่าด้วยลมได้อีกด้วย ถังบรรจุฟ่อนฟางนี้จะออกแบบให้สามารถเปิดปิดได้ทำให้การดูแลรักษาทำได้สะดวก



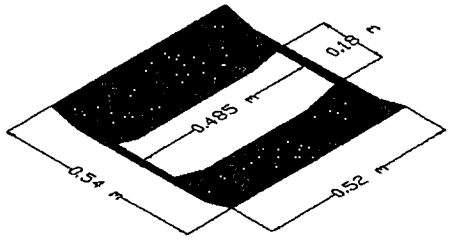
ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุฟ่อนฟาง

2. แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง

เป็นแผ่นโลหะที่ช่วยให้เส้นฟางที่หลุดออกจากฟ่อนฟางไหลเข้าสู่ชุดใบมีดเพื่อทำการหั่น แผ่นโลหะจะมีขนาดกว้าง 0.52 ม. ยาว 0.54 ม. และมีมุมเอียง 25 องศาเพื่อช่วยให้เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

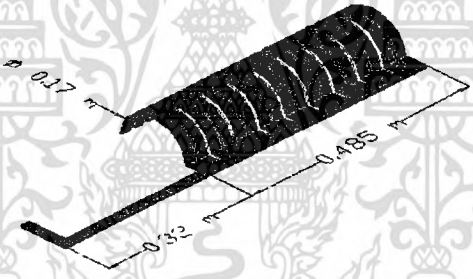
ฟางไหลเข้าสู่ชุดใบมีดได้และมีช่องว่างที่มีขนาดกว้าง 0.18 ม. ยาว 0.485 ม.พอดีกับชุดใบมีด ทำให้สามารถติดตั้งใบมีดให้โผล่พ้นออกมาหั่นฟ่อนฟางได้



ภาพที่ 3.2 แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง

3. ตะแกรงป้องกันการกระแทก

เป็นตะแกรงโลหะที่มีขนาดความยาว 0.485 ม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดใบมีดและมีรัศมีส่วนโค้ง 0.17 ม. เท่ากับเพลาของใบมีด ติดตั้งอยู่เหนือชุดใบมีดทำหน้าที่ป้องกันการกระแทกที่เกิดกับชุดใบมีดอันเนื่องมาจากการบรรจุฟ่อนฟาง ตะแกรงจะมีช่องวางที่ตำแหน่งของใบมีดเพื่อให้ใบมีดโผล่พ้นออกมาหั่นฟ่อนฟางได้ โดยตะแกรงนี้จะมีคันโยกที่มีความยาว 0.32 ม. เพื่อเปิดปิดตะแกรงในกรณีที่ทำการหั่นวัสดุอื่น เช่น กระดาษ พลาสติก ฯลฯ

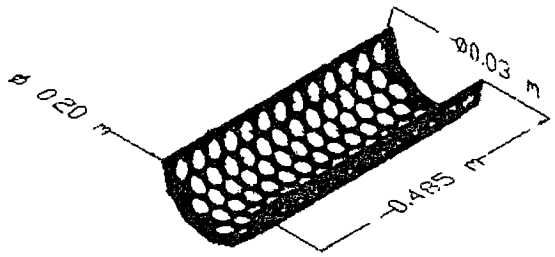


ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก

4. ตะแกรงกำหนดขนาดของเส้นฟาง

เป็นตะแกรงโลหะที่มีความยาว 0.485 ม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดใบมีดมีรัศมีส่วนโค้ง 0.20 ม. ติดตั้งอยู่ใต้ชุดใบมีดมีตำแหน่งตรงกับช่องว่างแผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง เพื่อรองรับเส้นฟางที่ตกลงมา ทำการเจาะรูที่ตะแกรงให้มีขนาด 0.03 ม. ตามความยาวของเส้นฟางที่ต้องการ ถ้าเส้นฟางที่ตกลงมามีความยาวมากกว่าขนาดของรูตะแกรง เส้นฟางจะไม่สามารถผ่านไปได้และจะถูกใบมีดหั่นจนกระทั่งความยาวมีขนาดสั้นกว่ารูตะแกรงและลอดผ่านไปได้

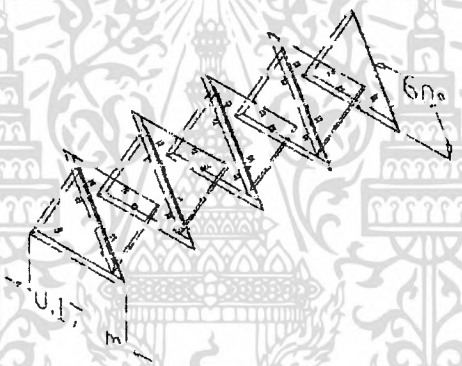
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ตะแกรงกำหนดขนาดของเส้นฟาง

5. ชุดใบมีด

เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาด 0.17 ม. ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้นจำนวน 9ใบมีดเพื่อกำหนดให้ความยาวของฟางที่หั่นในขั้นแรกมีความยาว 5 เซนติเมตร รับคมทั้งสามด้าน เจาะรูเพื่อร้อยน็อตติดตั้งเข้ากับหน้าแปลนใบมีด โดยติดตั้งให้ใบมีดโผล่พ้นช่องวางของตะแกรงป้องกันการกระแทก เพื่อให้ใบมีดทำการหั่นฟ่อนฟางได้ เนื่องจากเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าจึงทำให้มีมุมเอียงใบมีด(Helical angle) 60 องศา และใช้มุมลิ่ม (Shear knife angle) 30 องศา

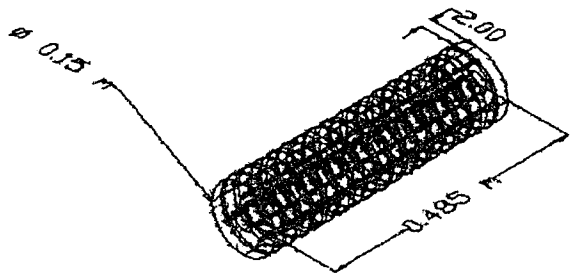


ภาพที่ 3.5 ใบมีด

6. ชุดหน้าแปลนใบมีด

มีลักษณะเป็นหน้าแปลนเจาะรูเพื่อติดตั้งใบมีดประกบทั้งสองด้าน โดยมีความยาวตลอดชุดใบมีด 0.485 ม. ติดตั้งอยู่บนเพลาหมุนที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องต้นกำลัง หน้าแปลนที่ใช้เป็นโลหะตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 ม. หนา 2 ซม. มีน้ำหนักค่าหนึ่งดังนั้นการหมุนจะมีการแกว่งตัว ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดเป็นวัฏจักรเพราะเพลาหมุนตลอดเวลา การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความสมดุลในระหว่างการหมุนและความหนาของหน้าแปลนเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนใบมีดและซ่อมบำรุงเป็นสำคัญ

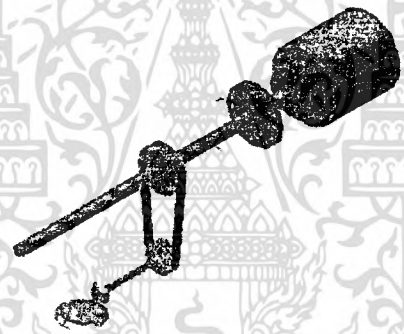
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 ชุดหน้าแปลนใบมีด

7. ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด

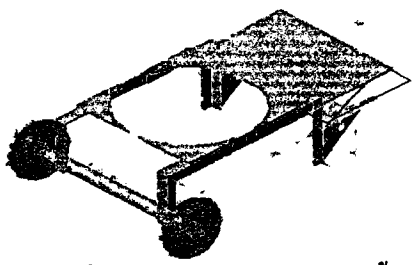
ประกอบด้วย ต้นกำลัง เพลาสำหรับติดตั้งชุดใบมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. ยาว 0.9 ม. เฟืองตรง เฟืองดอกจอกและใบพัด ทั้งนี้ต้นกำลังจะสามารถเปลี่ยนเป็น เครื่องยนต์หรือใช้กำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ก็ได้ การออกแบบต้องคำนึงถึง อัตราการถ่ายทอดกำลังไปยังชุดใบมีดทำให้ใบมีดสามารถตัดผ่านฟ่อนฟางไปได้ อัตราการทดรอบไปยังใบพัดเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้เพื่อการเป่าฟางที่หั่นแล้ว และความเหมาะสมระหว่างการใช้ต้นกำลังกับอัตราการผลิตที่ต้องการ



ภาพที่ 3.7 ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด

8. โครงเหล็ก

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



ภาพที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

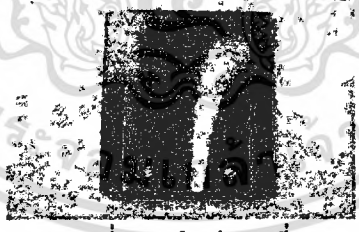
3.2 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่

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

ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบใบมีด

1. ชุดใบมีดที่ 1

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



ภาพที่ 3.10 ใบมีดชุดที่ 1

2. ชุดใบมีดที่ 2

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

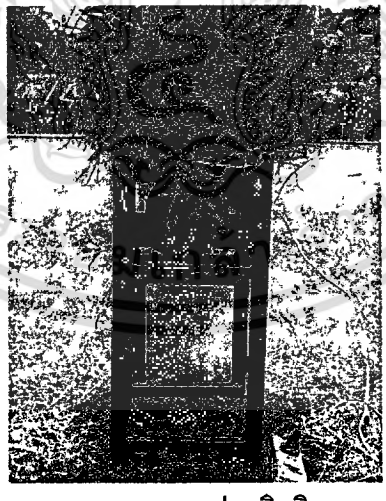
ภาพที่ 3.11 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 2

3. ชุดใบมีที่ 3

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

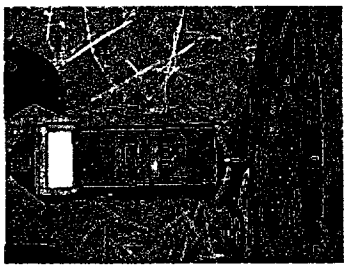
ภาพที่ 3.12ใบมีดชุดที่ 3

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ

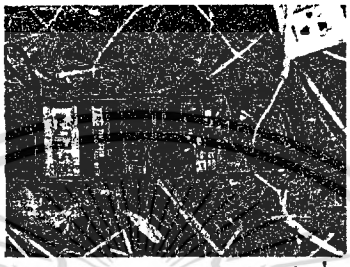


ภาพที่ 3.13 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดแต่ละชุด



ภาพที่ 3.15 การทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใบมีดใช้หั่น

ตารางแสดงผลการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 ผลการทดสอบหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของใบมีดแต่ละชุด

ใบมีด	จำนวนครั้งที่ทดสอบ / กระแสไฟฟ้า (A)					เฉลี่ย กระแสไฟฟ้า (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 ผลการทดสอบหาอัตราความเร็วรอบขณะทำการตัดฟางของใบมีดแต่ละชุด

ใบมีด	จำนวนครั้งที่ทดสอบ / ความเร็วรอบที่ใช้ตัดฟาง (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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และใช้อัตราความเร็วรอบในการตัดที่ 321.24 rpm,321.46 rpm,และ 321.94 rpm ตามลำดับ จึงได้ชุดใบมีดที่เหมาะสมสำหรับใช้กับเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน ได้แก่ ใบมีดชุดที่3

การทดลองหา Power requirement โดยการเลือกใช้ใบมีดแบบCutter bar

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในขณะที่ใบมีดหั่นฟ่อนฟาง เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่ากำลังที่ใบมีดทั้งหมดต้องการ ยึด กับหน้าแปลนในตำแหน่งตรงกันข้ามกันเพื่อให้สมดุล หน้าแปลนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร หนา 3 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.16 แสดงการทดลองหาต้นกำลัง

สูตรการหา Power requirement

$P = IECOS\theta$

เมื่อ I = กระแส (A), E = แรงดันไฟฟ้า (Volt)(220 v), P = กำลัง (w), Factor power motor = 0.86 หรือ 1.0

P = (2.54)(220)(1) = 558.8 w (แปลง w เป็น hp 558.8/745.7 = 0.749 hp)

กำลังที่เครื่องต้องการของใบมีด 1 ใบต้องใช้กำลัง 0.749 hp. ในขณะที่ใบมีดตัดฟ่อนฟางข้าวใบมีดจะสัมผัสฟางทั้งหมด 10 ใบรวมกำลังที่ต้องการ 7.49 hp จึงเลือกใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 8 hp.

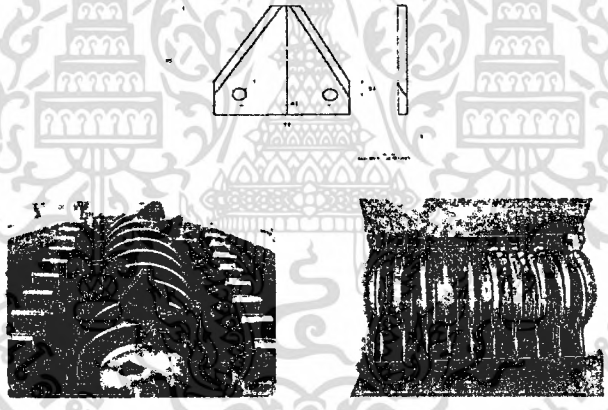
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบที่ทำการพัฒนา

3.4.1. ชุดใบมีด

ระบบใบมีดที่ออกแบบใหม่นั้นได้นำ Cutter bar มาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องเกี่ยวนวดสามารถหาซื้อได้ง่าย มีความคมและแข็งแรงมากกว่าใบมีดแบบเก่าซึ่งต้องสั่งทำขึ้นมาเฉพาะมีความหนาไม่คม ชุดใบมีดได้ถูกออกแบบให้ยึดกับหน้าแปลนในตำแหน่งตรงกันข้ามกันเพื่อให้สมดุลและยึดใบมีดเยื้องทำองศา 22.5 องศาจนครบรอบวง โดยที่ตำแหน่งใบมีดใบแรกตรงกับใบสุดท้าย เพื่อให้ใบมีดกระจายการตัดลดแรงเสียดทานเครื่องไม่กระชากเวลาใบมีดหั่นลงที่ฟ่อนข้าวฟาง ซึ่งเชื่อมติดอยู่กับท่อเหล็กตรงกลางเพลาเพื่อป้องกันฟางพันกับเพลาใบมีด

ใบมีดสามเหลี่ยม(แบบเก่า) ใบมีดแบบใหม่(Cutter bar)

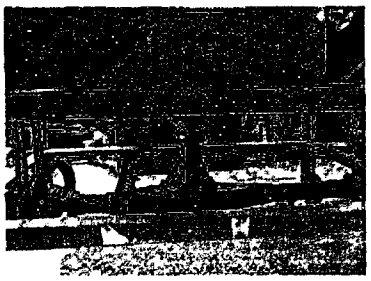


ภาพที่ 3.17 ชุดใบมีด (Cutter)

3.4.2. ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด

ประกอบด้วยต้นกำลังเพลาสำหรับติดตั้งชุดใบมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม.ยาว 0.9 ม. ใช้เฟืองท้ายรถเล็กดัดแปลงเป็นเกียร์เปลี่ยนทิศมีอัตราทด 7:1 ต้นกำลังจะสามารถเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์หรือใช้กำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์ก็ได้ การออกแบบต้องคำนึงถึงอัตราการถ่ายทอดกำลังไปยังชุดใบมีดทำให้ใบมีดสามารถตัดผ่านฟ่อนฟางไปได้ อัตราการทดรอบไปยังใบพัดเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้เพื่อการเป่าฟางที่หั่นแล้ว และความเหมาะสมระหว่างการใช้ต้นกำลังกับอัตราการผลิตที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 ระบบถ่ายทอดกำลังและใบพัด

การคำนวณการออกแบบ

- หาเส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์ตัวตามที่แคนเพลาใบมีดจากสมการ

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

โดย n = ความเร็วรอบ, rpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์, mm หรือ in

<u>คำนวณ</u>

$m = \frac{n_2}{n_1}$ (ความเร็วรอบเครื่องต้นกำลัง1,500 rpm)

(ความเร็วรอบใบมีดที่ต้องการ 750 rpm)

$m = \frac{1,500}{750}$

$m = 2$

$2 = \frac{x}{4}$

$x = 8$ นิ้ว

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้พู่เลย์ที่แคนเพลาใบมีด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาแรงบิดในการตัดของชุดใบมีด

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi n}$$

T คือ แรงบิดกระทำกับเพลา (นิวตัน - เมตร)

P คือ กำลังของมอเตอร์ (5,588 วัตต์)

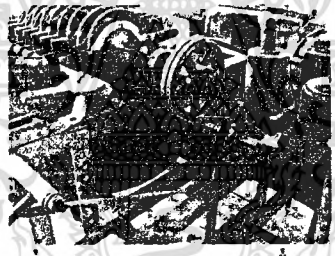
n คือ ความเร็วรอบของเพลา (มีค่า 750 รอบต่อนาที)

T = (5,588 x 60)/(2 x 3.1416 x 750)

= 71.184 นิวตัน – เมตร

3.4.3. ระบบคลัชดึงสายพานอัตราทดจากเครื่องยนต์ต้นกำลังไปชุดใบมีด 2:1

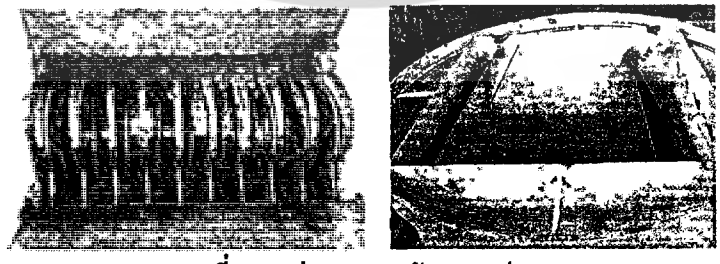
เดิมระบบส่งกำลังเป็นระบบต่อตรงการสตาร์ทเครื่องยนต์หรือต้นกำลังจะกินกำลังเครื่องมากเพราะมีฟางตกค้างอยู่ภายใน ซึ่งเพิ่มระบบคลัทไว้ตัดต่อในขณะที่เริ่มต้นสตาร์ทเครื่องต้นกำลังให้เดินฟรี หรือหยุดตัดเมื่อต้องการกรณีของล้น



ภาพที่ 3.19 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์

3.4.4. ช่องทางลงถังบรรจุฟาง

นำแผ่นเหล็กยึดด้านข้างให้มีความเอียง 27 องศา ลาดเข้าหาใบมีด เพื่อลดช่องว่างที่ฟางจะติดค้าง



ภาพที่ 3.20 ช่องทางลงถังบรรจุฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนแล้ว ในบทที่ 4 นี้ จะเป็นการนำเครื่องดังกล่าวมาทดสอบประสิทธิภาพ โดยการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยที่ความเร็วรอบ 700 และ750 รอบต่อนาที เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด

การออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรีย 2^3 factorial โดยมีปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ ใบมีด, ความชื้นฟาง และความเร็วรอบ ซึ่งแต่ละปัจจัยหลักจะมีปัจจัยรองอีกอย่างละ 2 ปัจจัย ในการทดลองนี้จะมีสภาวะที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 8 Treatment

ใบมีด (A) → ใบมีดสามเหลี่ยม (a_1)
→ Cutter bar (a_2)

ความชื้นฟาง (B) → 9-10 (% d.b.) (b_1)
→ 10-11 (%d.b.) (b_2)

ความเร็วรอบ (C) → 700 rpm (c_1)
→ 750 rpm (c_2)

Treatment	Standard order	
1.	$a_1b_1c_1$	(1) ใบมีดสามเหลี่ยม, ความชื้นฟาง9-10(%d.b.), ความเร็วรอบ 700 rpm.
2.	$a_2b_1c_1$	(a) ใบมีดCutter bar, ความชื้นฟาง 9-10 (%d.b.), ความเร็วรอบ 700 rpm.
3.	$a_1b_2c_1$	(b) ใบมีดสามเหลี่ยม, ความชื้นฟาง10-11(%d.b.), ความเร็วรอบ 700 rpm.
4.	$a_1b_1c_2$	(c) ใบมีดสามเหลี่ยม, ความชื้นฟาง9-10 (%d.b.), ความเร็วรอบ 750 rpm.
5.	$a_2b_2c_1$	(ab) ใบมีดCutter bar,ความชื้นฟาง 10-11 (%d.b.),ความเร็วรอบ 700 rpm.
6.	$a_2b_1c_2$	(ac) ใบมีดCutter bar , ความชื้นฟาง9-10 (%d.b.),ความเร็วรอบ 750 rpm.
7.	$a_1b_2c_2$	(bc) ใบมีดสามเหลี่ยม , ความชื้นฟาง10-11 (%d.b.), ความเร็วรอบ 750 rpm.
8.	$a_2b_2c_2$	(abc) ใบมีดCutter bar , ความชื้นฟาง10-11 (%d.b.), ความเร็วรอบ 750 rpm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องที่ความเร็วรอบต่างๆกัน

2. เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนได้สูงสุด

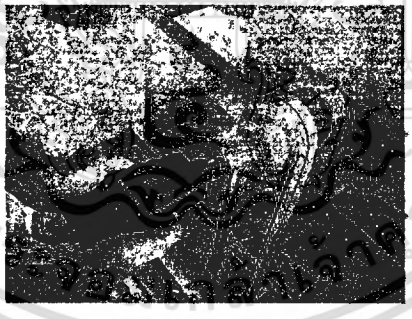
4.1.2 วิธีการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพการหั่น

1. เตรียมก้อนฟางที่จะนำไปหั่นย่อย

ภาพที่ 4.1 ฟ่อนฟางที่นำมาใช้ทดลอง

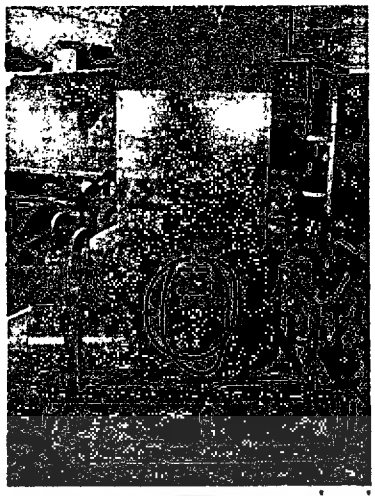
2. ปรับความเร็วรอบเครื่องต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 แรงม้า แล้วใช้เครื่องวัดความเร็วรอบในการวัดความเร็วรอบที่เพลาใบมีด ให้ได้ความเร็วรอบใบมีดตามที่ต้องการ



ภาพที่ 4.2 แสดงการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ

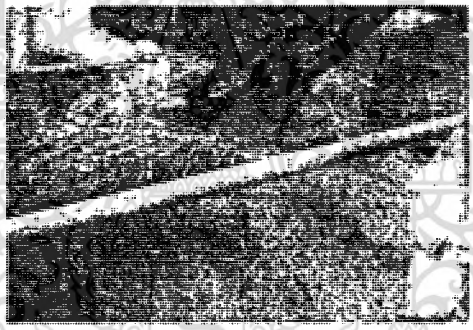
3. โดยใช้เวลาในการหั่นแต่ละระดับความเร็วรอบของใบมีด 20 นาทีซึ่งมีการทำ 5 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

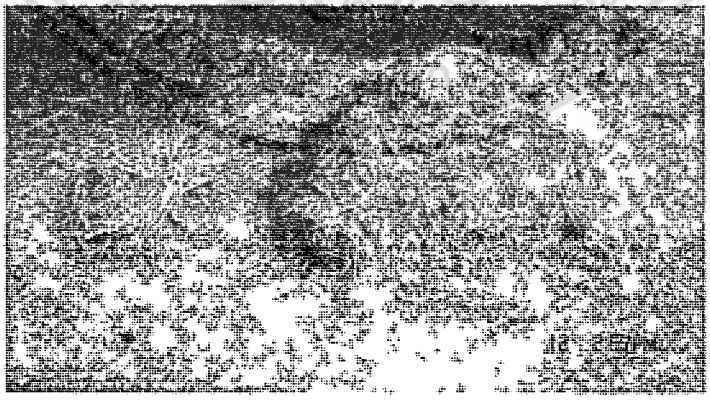


ภาพที่ 4.3 แสดงการนำฟ่อนฟางใส่ลงในเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว

4. การทดลองแต่ละความเร็วรอบทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากการทดสอบการหั่นในแต่ละครั้ง ครั้งละ 0.6 กิโลกรัมแล้วนำมาแยกขนาด เป็น 2 ส่วน คือเส้นฟางที่ได้ขนาดมีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร กับที่ไม่ได้ขนาดคือเส้นฟางที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยการใช้ตะแกรงคัดแยก



ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟาง



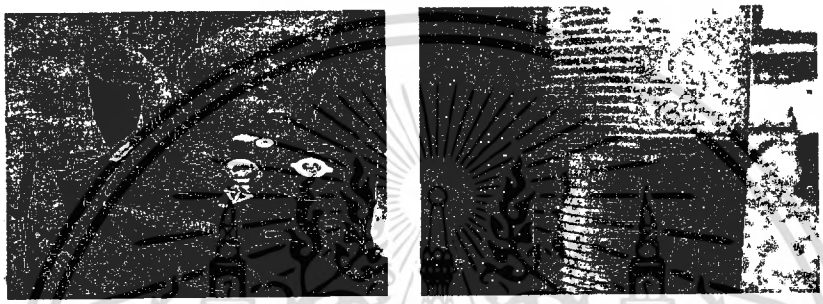
ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบกองฟางที่ตัดได้ขนาดกับฟางที่ไม่ได้ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากนั้นนำกองฟางแต่ละกองไปชั่งน้ำหนัก
6. บันทึกผลลงตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ทำการทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยทำการวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถังก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบโดยใช้ไม้วัดระดับน้ำมันจากนั้นทำการทดสอบหั่นย่อยฟางเป็นเวลา 20นาที ทำการเก็บตัวอย่างแล้วจึงทำการตวงน้ำมันโดยการใช้กระบอกตวงแล้วจึงทำการเติมน้ำมันลงในถังให้ได้ปริมาตรเท่าเดิม ดังรูป



ภาพที่ 4.6 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น มีการทดสอบใบมีด 2 ชนิด ความเร็วรอบชุดใบมีดที่ทำการทดลองมีอยู่ 2 ความเร็วรอบ คือ 700 และ 750 รอบต่อนาที ในช่วงความชื้นที่ 9-10 (%d.b.)และ 10-11 (%d.b.)

4.2.1 ผลการทดลองของชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 รอบ/นาที

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 9-10%db)

Replication	700 rpm	%Efficiency (new)	%Efficiency (old)	750 rpm	%Efficiency (new)	%Efficiency (old)
1	545g	90.83%	76.67%	560g	93.33%	83.33%
2	548g	91.33%	80.00%	555g	92.50%	76.67%
3	540g	90.00%	73.33%	565g	94.17%	80.00%
4	550g	91.67%	66.67%	561g	93.50%	83.33%
5	546g	91.00%	76.67%	540g	90.00%	73.33%
average	545.8g	90.97%	74.67%	556.2g	92.70%	79.33%

จากตารางผลการทดลองที่ 4.1 เป็นการค่าน้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง จากการสุ่มตัวอย่าง 600 กรัม นำมาแยกขนาด เป็น 2 ส่วน คือเส้นฟางที่ได้ขนาดมีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร กับที่ไม่ได้ขนาดคือเส้นฟางที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยการใช้ตะแกรงคัดแยก จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาประสิทธิภาพในการหั่นฟางให้ได้ขนาดตามต้องการเปรียบเทียบระหว่างชุดใบมีดแบบใหม่กับชุดใบมีดแบบใหม่ ที่ความชื้นฐานแห้ง 9-10(%db)

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 10-11%db)

Replication	700 rpm	%Efficiency (new)	%Efficiency (old)	750 rpm	%Efficiency (new)	%Efficiency (old)
1	534.30g	89.05%	75.25%	552.66g	92.11%	85.33%
2	547.20g	91.2%	78.39%	550.92g	91.82%	78.92%
3	541.86g	90.31%	80.02%	561.60g	93.60%	79.81%
4	554.58g	92.43%	69.71%	567.30g	94.55%	83.20%
5	540.54g	90.09%	82.65%	558.96g	93.16%	79.69%
average	543.72g	90.62%	77.20%	558.30g	93.05%	81.39%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางผลการทดลองที่ 4.2 เป็นการค่าน้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง จากการสุ่มตัวอย่าง 600 กรัม นำมาแยกขนาด เป็น 2 ส่วน คือเส้นฟางที่ได้ขนาดมีความยาวน้อยกว่า 5 เซนติเมตร กับที่ไม่ได้ขนาดคือเส้นฟางที่มีความยาวมากกว่า 5 เซนติเมตร โดยการใช้ตะแกรงคัดแยก จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาประสิทธิภาพในการหั่นฟางให้ได้ขนาดตามต้องการ เปรียบเทียบระหว่างชุดใบมีดแบบใหม่กับชุดใบมีดแบบใหม่ ที่ความชื้นฐานแห้ง 10-11(%db)

ตารางที่ 4.3 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในแต่ละการทดสอบ (cc) เมื่อทำการเดินเครื่อง 20 นาที

Replication	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750rpm(old)
1	137	460	124	430
2	141	437	125	450
3	133	427	128	455
4	136	429	130	467
5	143	433	136	465
average	138	437.2	128.6	453.4

จากตารางที่ 4.3 แสดงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในแต่ละการทดสอบ (cc) เมื่อทำการเดินเครื่อง 20 นาที เปรียบเทียบใบมีด 2 ชนิด ที่ 2 ความเร็วรอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดใบมีดแบบใหม่(Cutter bar) มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าใบมีดชุดเก่า

ตารางที่ 4.4 อัตราการหั่นฟางที่ได้ต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/cc.) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า

Replication	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750 rpm(old)
1	234	36	258	45
2	227	37	256	42
3	240	39	250	42
4	235	37	246	41
5	224	37	235	41
average	232	37.2	249	42.2

จากตารางที่ 4.4 แสดงอัตราการหั่นฟางที่ได้ต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง เมื่อทำการเดินเครื่อง 20 นาที เปรียบเทียบใบมีด 2 ชนิด ที่ 2 ความเร็วรอบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชุดใบมีดแบบใหม่(Cutter bar) มีอัตราการหั่นฟางข้าวมากกว่าใบมีดชุดเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์สำหรับ Factorial contrasts ใน 2^3 factorial

Treatment	Contrast								
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	% efficiency	Standard order
1	-	-	-	+	+	+	-	74.67	$a_1b_1c_1$
a	+	-	-	-	-	+	+	90.97	$a_2b_1c_1$
b	-	+	-	-	+	-	+	77.20	$a_1b_2c_1$
c	-	-	+	+	+	-	-	79.33	$a_1b_1c_2$
ab	+	+	-	+	-	+	-	90.62	$a_2b_2c_1$
ac	+	-	+	-	+	-	-	92.70	$a_2b_1c_2$
bc	-	+	+	-	-	+	-	81.39	$a_1b_2c_2$
abc	+	+	+	+	+	+	+	93.05	$a_2b_2c_2$

จากตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลอง เมื่อทำการเดินเครื่อง 20 นาที เปรียบเทียบใบมีด 2 ชนิด ที่ 2 ความเร็วรอบ ในสภาวะที่ต่างกัน จะได้ค่าประสิทธิภาพการหั่นฟางข้าวที่ได้ขนาดตามต้องการมากที่สุดที่สภาวะที่ดีที่สุดคือ ใบมีดCutter bar, ความชื้นฟาง10-11 (%d.b.), ความเร็วรอบ 750 rpm.

การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องหั่น

ทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบกำลังของเครื่องจักกรกลเกษตรขนาดเล็ก โดยอุปกรณ์ที่นำมาวางบนฐานรองรับอุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องต้นกำลัง เครื่องวัดแรงบิดและเครื่องวัดความเร็วรอบ โดยใช้คัปปลิงแบบหน้าแปลนเป็นตัวเชื่อมต่อเพลาของชุดใบมีดกับเพลาของชุดทดสอบเข้าด้วยกันโดยใช้สายพานในการส่งกำลัง วัดค่าแรงบิดและความเร็วรอบในขณะที่เครื่องหั่นฟางเริ่มทำงานจนกระทั่งสิ้นสุดการทำงาน ในขั้นแรกทำการเดินเครื่องเปล่าที่ความเร็วรอบที่ต้องการทดสอบ วัดแรงบิดเพื่อหากำลังของเครื่องต้นกำลังที่ให้กับเครื่องหั่น ทำการบันทึกผล จากนั้นเริ่มใส่ฟางเพื่อทำการหั่นและวัดแรงบิด โดยทำการทดสอบ 3 ซ้ำที่ความเร็วรอบต่างกัน เพื่อหากำลังที่เครื่องหั่นใช้ในการหั่นฟางข้าว ซึ่งกำลังสามารถหาได้จาก

$$\text{Power (W)} = \text{Torque(Nm)} \times \text{Speed of rotation (rad/s)}$$

ประสิทธิภาพของเครื่องหั่นฟางข้าวคือ

$$\eta = \frac{\text{Power}_{\text{ก่อนหั่น}}}{\text{Power}_{\text{ในการหั่น}}} \times 100$$

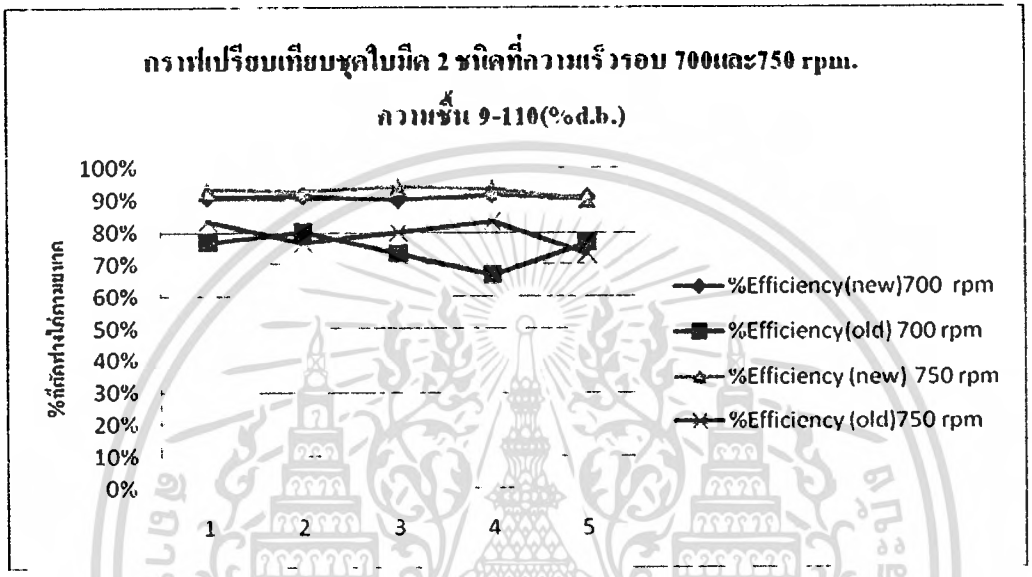
$$= \frac{5{,}500}{5{,}588} \times 100$$

$$= 98\,\%$$

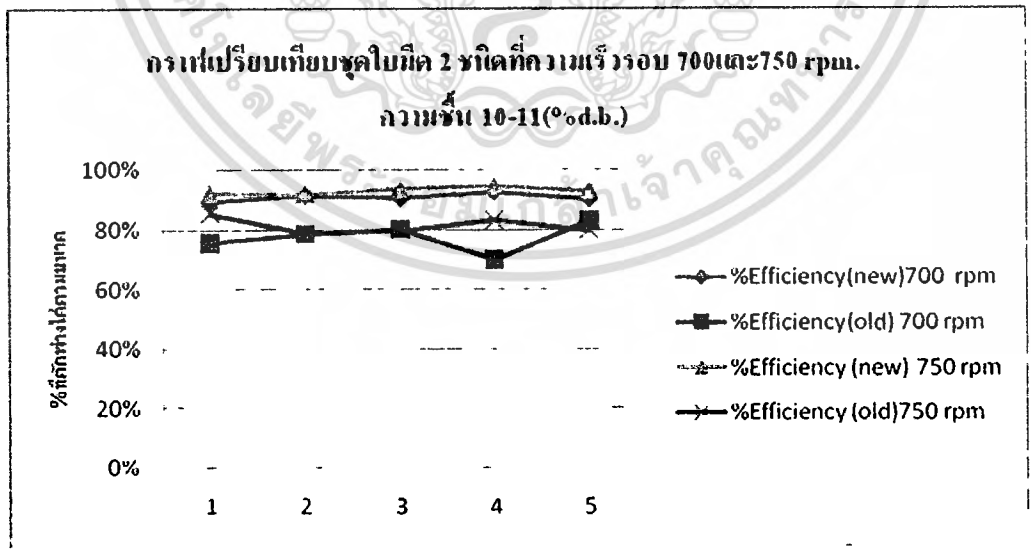
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองสามารถนำมาอธิบายเป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการหั่นฟางข้าวให้ได้ขนาดตามต้องการ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ใบมีดทั้งสองชนิดให้ค่าประสิทธิภาพการหั่นฟางข้าวให้ได้ขนาดตามต้องการ ที่แตกต่างกัน แต่ในการเปลี่ยนความเร็วรอบค่าที่ได้เกาะกลุ่มกันไม่แตกต่างกันมาก และเปรียบเทียบภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 ซึ่งเปอร์เซ็นต์ที่ได้จากการทดลองนั้นมีค่าไม่แตกต่างกัน



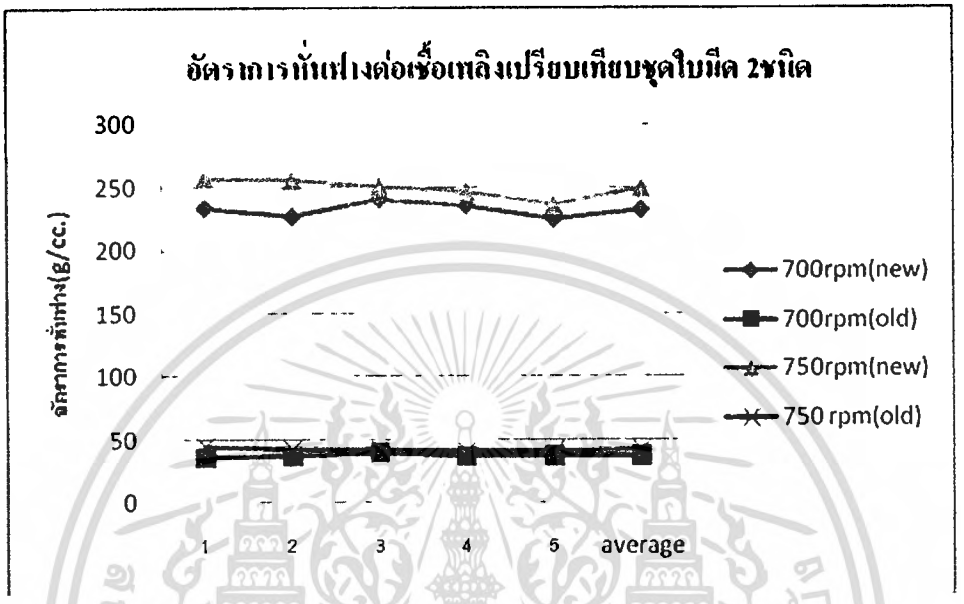
ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm.ความชื้น (9-10%d.b.)



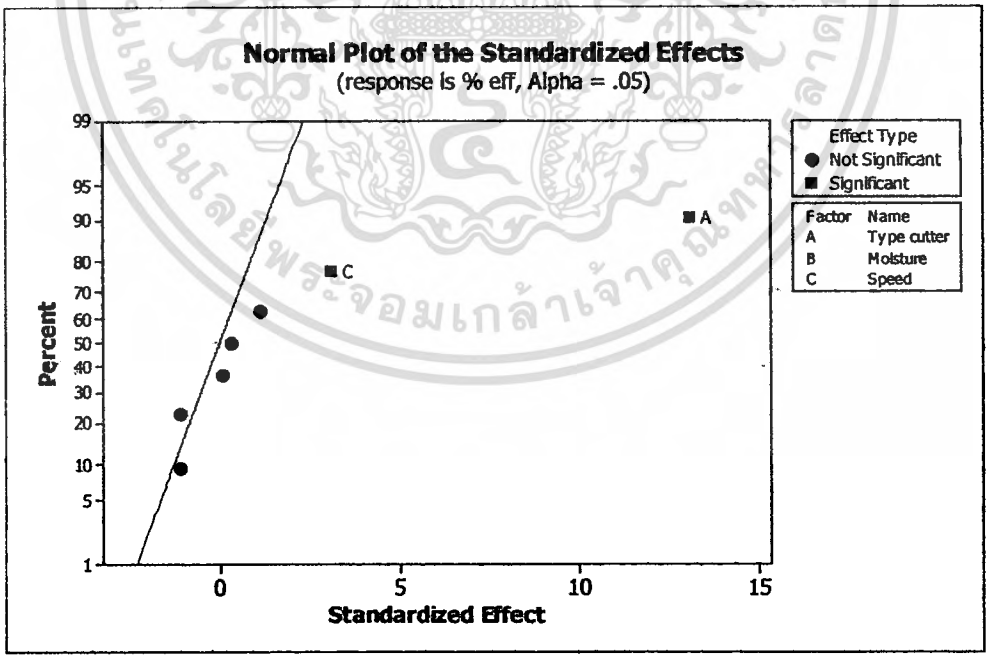
ภาพที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm.ความชื้น (10-11%d.b.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหาค่าอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ของชุดใบมีดใหม่เฉลี่ยได้ 133.33 cc.ต่อการหั่น 20 นาที ซึ่งจากการทดลองสามารถแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ใบมีดชุดเก่ามีอัตราการสิ้นเปลืองมากกว่า เมื่อนำมาแสดงเป็นอัตราการหั่นฟาง (กรัมต่อcc.) ชุดใบมีดใหม่จะได้อัตราการหั่นฟางข้าวมากกว่าประมาณ 5 เท่า



ภาพที่ 4.9 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปรียบเทียบชุดใบมีด 2ชนิด



ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Estimated Effects and Coefficients for % eff (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		84.9908	0.5231	162.48	0.000
Type cutter	13.6835	6.8417	0.5231	13.08	0.000
Moisture	1.1485	0.5743	0.5231	1.10	0.280
Speed	3.2545	1.6272	0.5231	3.11	0.004
Type cutter*Moisture	-1.1495	-0.5748	0.5231	-1.10	0.280
Type cutter*Speed	-1.1715	-0.5858	0.5231	-1.12	0.271
Moisture*Speed	0.0555	0.0277	0.5231	0.05	0.958
Type cutter*Moisture*Speed	0.2935	0.1467	0.5231	0.28	0.781

S = 3.30826 PRESS = 547.229
R-Sq = 85.22% R-Sq(pred) = 76.91% R-Sq(adj) = 81.99%

จากข้อมูลข้างต้นนำค่า P – Value หรือค่าปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ส่งกระทบกับการทดลอง หากค่า P – Value ของตัวแปรใดมีค่าน้อยกว่า 0.05 นั้นคือตัวแปรดังกล่าวมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงผลการทดลองมาก หรือ ส่งผลกระทบต่อการทดลองมากนั้นเอง ซึ่งตามค่าค่า P – Value จากข้อมูล จะพบว่ามีค่าค่า P – Value ของตัวแปร 2 ตัวแปรคือ Type Cutter และ speed ที่มีค่าน้อยกว่า 0.05 สามารถสรุปได้ว่า ชนิดของใบมีดและความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟาง คือหากเปลี่ยนแปลงชนิดของใบมีดหรือเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟางเปลี่ยนไป และถ้าค่า P – Value ของตัวแปรใดมีค่ามากกว่า 0.05 ตัวแปรนั้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟางน้อยนั้นหมายถึง ความชื้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟางน้อยที่สุด คือหากเปลี่ยนแปลงความชื้นของฟางแต่ใช้ใบมีดชนิดเดิมและความเร็วรอบเดิมจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพของการหั่นย่อยฟางเปลี่ยนแปลงเท่าใดนัก แต่ถ้าเปลี่ยนแปลงชนิดของใบมีดนั้นจะทำให้เห็นประสิทธิภาพของการหั่นย่อยฟางที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการทำงานของเครื่องคือ ชุดใบมีดแบบCutter bar, ความชื้นที่ 10-11%db.และความเร็วรอบ 750 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการหั่นให้ได้ขนาดฟางตามต้องการของเครื่องหั่นย่อยฟางเฉลี่ย 93.05%

4.3 การวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนได้แก่ การประเมินค่าใช้จ่ายในการหั่นย่อยฟางข้าว ระยะเวลาคืนทุนและอัตราตอบแทนการลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการหั่นย่อยฟาง ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed cost) และค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable cost) สำหรับค่าใช้จ่ายคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาและค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้งาน สำหรับค่าใช้จ่ายผันแปรได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าซ่อมแซมบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามการใช้งานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

TC = ค่าใช้จ่ายรวมในการหั่นย่อยฟางข้าว (บาทต่อปี)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ในการหั่นย่อยฟางข้าว (บาทต่อปี)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปรในการหั่นย่อยฟางข้าว (บาทต่อปี)

PBP = ระยะเวลาคืนทุน (ปี)

MC = ราคาต้นทุนของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

y = อายุการใช้งาน (ปี)

I = ค่าดอกเบี้ย (บาทต่อปี)

R&M = ค่าซ่อมบำรุง (บาทต่อวัน)

i = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)

A = จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี (วันต่อปี)

h = ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)

Cap = ความสามารถทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

CR = ค่าจ้างในการหั่นย่อยฟางข้าว (บาทต่อกิโลกรัม)

L = ค่าแรงงาน (บาทต่อคนต่อวัน)

E = อัตราค่าใช้ไฟฟ้า,อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (บาทต่อวัน)

e = อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

ดังนั้น

ในการหั่นย่อย $TC = FC+VC$

เมื่อ

$$FC = D+I$$

และ

$$VC = L+E+R\&M$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)} = \frac{TC}{(Cap)(h)(A)}$$

<u>ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม</u>

จากการทดสอบเครื่องเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว ใช้แรงงานในการปฏิบัติงาน 2 คน สามารถหั่นฟางข้าวได้เฉลี่ย 96 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยใช้เครื่องต้นกำลัง 8 แรงม้า มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน 4.01 ลิตร/ตัน เมื่อกำหนดให้ใช้งานเครื่องวันละ 8 ชั่วโมง ปีละ 120 วัน สามารถประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาท/กิโลกรัม) และระยะเวลาคืนทุนของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการทำงาน

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

1.1 ค่าเสื่อมราคา (D) คิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight-line method D = (MC – S)/y โดยราคาของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว 55,000 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง

ดังนั้น มูลค่าซากเครื่อง (S) = (10/100) x55,000 = 5,500 บาท

ค่าเสื่อมราคา (D) = (55,000 – 5,500)/10 = 4,950 บาท

1.2 ดอกเบี้ยหรือค่าเสียโอกาส I = (MC + S)/2 x (i /100) โดยที่กำหนดให้อัตราดอกเบี้ยต่อปี (i) เท่ากับ 4% ต่อปี

ดังนั้น ค่าเสียโอกาสต่อปี = (55,000 + 5,500)/2 x (4/100) = 1,210 บาท

รวมต้นทุนคงที่ต่อปี (Fixed Cost) = D+I

= 4,950 + 1,210 = 6,160 บาทต่อปี

2. ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

2.1 ค่าซ่อมบำรุงรักษา คิดเฉลี่ยวันละ 10 บาท ทำงาน 120 วัน

ค่าบำรุงรักษา= 10 x 120 = 1,200 บาทต่อปี

2.2 ค่าสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ใช้เครื่องยนต์รถไถเป็นต้นกำลังสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.108 บาทต่อกิโลกรัม ใน 1 ปีมี 120 วัน วันละ 8 ชั่วโมง 1 ชั่วโมงหั่นย่อยได้ 96 กิโลกรัม คิดเป็นอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน = (120 x 8 x 96) x 0.108 = 9,953 บาทต่อปี

2.3 ค่าจ้างแรงงาน อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 200 บาท จำนวน 2 คน ทำงาน 120 วัน คิดเป็นค่าแรงงาน = 200 x 2 x 120 = 48,000 บาทต่อปี

รวมต้นทุนผันแปร = 1,200 + 9,953 + 48,000 = 59,153 บาทต่อปี

คิดต้นทุนในการใช้งานเครื่องหั่นย่อยฟางข้าว โดยรวมต้นทุนคงที่กับต้นทุนผันแปร เท่ากับ 6,160 + 59,153 = 65,313 บาทต่อปี

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวที่ทำการหั่นย่อยฟางข้าว เฉลี่ยใน 1 ปี เท่ากับ 960 ชั่วโมงความสามารถในการทำงาน 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 65,313/(96 x 960) = 0.71 บาทต่อกิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการวิเคราะห์และประเมินระยะเวลาคืนทุน

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period ; PBP) คือ ระยะเวลาจากการเริ่มลงทุนจนถึงเวลาที่รายได้สุทธิเฉลี่ยต่อปีจากการใช้เครื่องหั่นย่อยฟางข้าว มีค่าเท่ากับการลงทุน ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ว่า

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน ; PBP (ปี)} = \frac{MC}{P}$$

$$= \frac{55,000}{72,927}$$

$$= 0.75 \text{ ปี}$$

เมื่อ

P = รายได้สุทธิจากการหั่นย่อยฟางข้าว (บาทต่อปี) = รายได้จากการหั่นย่อยฟางข้าว – ค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ผลตอบแทนสุทธิ (Net profit ; NP) ได้จากส่วนแตกต่างระหว่างผลตอบแทนจากการทำงานของเครื่องกับค่าใช้จ่ายในการหั่นย่อยฟางข้าว ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ว่า

ในการหั่นฟางข้าว ; NP (บาทต่อปี) = [(CR)(Cap)(h)(A)]-TC

= [1.5 x 96 x 8 x 120] – 65,313

= 72,927 บาท

ผลการวิเคราะห์และประเมินการใช้งานคุ้มทุน

จุดคุ้มทุน (Break even point; BEP)

$$\text{BEP (ชั่วโมงต่อปี)} = \frac{FC}{(CR - VC)}$$

การใช้งานคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่ / (อัตราค่าจ้าง – ค่าใช้จ่ายในการทำงาน)

อัตราค่าจ้างในการหั่นย่อยฟางข้าว โดยใช้แรงงานคนในการหั่นย่อยฟางข้าว เท่ากับ 1.5 บาทต่อกิโลกรัม จะได้อัตราค่าจ้างต่อชั่วโมงเท่ากับ 1.5 x 96 = 144 บาทต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายในการทำงานด้วยเครื่องเท่ากับ 0.71 บาทต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบที่อัตราการทำงาน 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมงจะได้ค่าใช้จ่ายในการทำงานเท่ากับ 0.71 x 96 = 68.16 บาทต่อชั่วโมง

ดังนั้น การใช้งานคุ้มทุน = 6,160 / (144 – 68.16)

= 81.22 ชั่วโมงต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวที่พัฒนา

ขนาด (มม.)	900 x 1200 x1720 (กว้าง x ยาว x สูง)
น้ำหนัก (กก.)	ประมาณ 400 กก. (ไม่รวมแครื่องยนต์)
เครื่องยนต์ต้นกำลัง (แรงม้า)	เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 8 แรงม้า ที่ 750 รอบต่อนาที
ระบบถ่ายทอดกำลัง	สายพานกับพูเล่ย์ และ ระบบเฟืองเกียร์
ลักษณะชุดใบมีดตัด	ใบมีด Cutter barหล็กแข็งคุณภาพดีติดตั้งประกบกับหน้าแปลน 2 ตำแหน่ง ตรงกันข้างแต่ละหน้าแปลนจะติดตั้งใบมีดเยื้องทุก 22.5 องศา ทั้งหมด 34 ใบ
ลักษณะใบมีดรับ	ใบมีดรับติดตั้งอยู่กับโครงเครื่องในแนวระนาบด้านข้าง 2 ด้าน ทั้งหมด 34 ใบ
ช่องทางออกของเศษวัสดุที่หั่นย่อยแล้ว	ปล่องลมทรงกระบอกเป็นช่องทางออกฟางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 ม. ยาว 0.52 ม.
ระบบการเคลื่อนย้าย	มีล้อ 3 ล้อ พร้อมคันลากจูง โดยล้อหน้าหมุนปรับทิศทางการเคลื่อนที่ได้
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	96
ขอบเขตการใช้งาน	สามารถใช้กับฟางข้าวทุกขนาดและทุกสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียลใช้วิธีทางสถิติ(โปรแกรม Minitab V.15) เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางข้าวที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม พบว่าอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 4.01 ลิตรต่อตัน ชุดใบมีดแบบ Cutter bar, ความชื้นที่ 10-11(% d.b.) ที่ความเร็วรอบใบมีด 750 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพการหั่นให้ได้ขนาดฟางข้าวตามต้องการของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวเฉลี่ย 93.05 เปอร์เซ็นต์

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าชุดใบมีดแบบ Cutter bar มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าชุดใบมีดสามเหลี่ยมแบบเก่า มีค่าเท่ากับ 231.98 และ 249.11 g/cc. และเมื่อคิดเป็นต้นทุนเฉพาะค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จะมีค่าเท่ากับ 0.108 และ 0.10 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งฟางอัดฟ่อนมีน้ำหนักโดยเฉลี่ย เท่ากับ 20 กิโลกรัม คิดราคาน้ำมันดีเซลที่ 25 บาท/ลิตร นั่นคือชุดใบมีดแบบ Cutter bar ความชื้นที่ 10-11(% d.b.) ที่ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที มีต้นทุนในการหั่นฟางที่ต่ำที่สุดคือ 2 บาทต่อฟ่อน

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม) ของเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวที่ทำการหั่นย่อยฟางข้าว ที่ความสามารถในการทำงาน 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะได้เท่ากับ 0.71 บาทต่อกิโลกรัม ระยะเวลาคืนทุน 0.75 ปี และการใช้งานคุ้มทุน 81.22 ชั่วโมงต่อปี

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

จากการทดลอง ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางข้าวอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสม เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการผลิตและลดต้นทุนการทำงานได้ดังนี้

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์การป้อนฟางเข้าสู่ชุดใบมีดซึ่งจากเดิมเป็นการปล่อยอย่างอิสระทำให้ฟางที่ตกลงสู่ใบมีดไม่สม่ำเสมอ ในขณะเดียวกันถ้าฟางเข้าสู่ชุดใบมีดมากเกินไปใบมีดก็จะไม่สามารถหมุนต่อไปได้อีก ดังนั้นหากมีการติดตั้งชุดป้อนฟางก็จะทำให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและควบคุมอัตราการป้อนฟางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ติดตั้งชุดใบมีดเพิ่มเป็นแบบเพลาคู่เพื่อทำให้เกิดการดึงฟางเข้าสู่ชุดใบมีดได้อย่างต่อเนื่องและทำให้เกิดการหั่นแบบสองทางจะทำให้ฟางไม่ไปสะสมอยู่ที่ฝั่งตรงข้ามการหั่น

3. อุปกรณ์การป้อนฟางควรมีกลไกลตัดเชือกที่มัดออกก่อนทำการหั่น เพื่อป้องกันเศษเชือกปนเปื้อนเข้าไปกับเศษฟาง

4. สามารถทำการวิจัยต่อเนื่องเรื่องการลำเลียงไปยังจุดเก็บเศษฟางที่ย่อยแล้วหรือกระบวนการต่อพ่วงการนำไปใช้ประโยชน์นอกเหนือจากนำเศษฟางไปผสมอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก-1 ผลการวัดน้ำหนักของก้อนฟางข้าว

ฟางข้าวก้อนที่	น้ำหนัก (kg)
1	12.5
2	14.5
3	11.5
4	13.5
5	12.4
6	11.2
7	12.5
8	13.2
9	12.2
10	11.5
11	13.1
12	12.3
13	11.8
14	13.3
15	11.6
16	11.5
17	12.4
18	11.2
19	12.5
20	12.6
MEAN	12.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางที่ ข-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 ข-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 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ตารางที่ ค-1 ตัวประกอบใช้งาน N_s สำหรับสายพานแบน

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

ตารางที่ ค-2 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-3 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพาน kw/25 mm สำหรับส่วนโค้งสัมผัส 180^0

		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	4.31	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	7.91	-	-
	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	-	-	-	-

	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	7.73	9.97	11.83	-
	800	2.69	4.42	6.25	8.37	10.56	-	-
	900	-	4.61	6.75	8.87	-	-	-
	1000	-	5.16	7.17	9.22	-	-	-
	1100	-	5.48	7.52	-	-	-	-
	1200	-	-	7.78	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-4 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_c สำหรับสายพานแบน

ระยะห่างศูนย์กลาง	ผลต่างของเส้นผ่านศูนย์กลางพูลเล่ย์ (นิ้ว)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50	.98	.99	.99	.99	.99	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
100	.96	.98	.98								1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
150	.94	.97	.98													
200	.92	.96	.97													
250	.90	.95	.97	.97												
300	.88	.94	.96	.97			ตัวประกอบ = .99									
350	.85	.93	.95	.96	.97											
400	.83	.92	.95	.96	.97	.97										
450	.81	.91	.94	.95	.96	.97	ตัวประกอบ = .98									
500	.79	.90	.93	.95	.96	.97	.97									
550	.76	.89	.93	.94	.96	.97	.97	.97								
600	.74	.88	.92	.94	.95	.97	.97	.97								
650	.71	.87	.91	.93	.95	.96	.97	.97	.97							
700	.69	.85	.90	.93	.94	.96	.97	.97	.97	.97						
750	.63	.83	.90	.92	.94	.96	.96	.97	.97	.97						
800	.63	.82	.89	.92	.93	.95	.96	.97	.97	.97	.97					
850	.58	.82	.88	.91	.93	.95	.96	.96	.97	.97	.97					
900	.54	.81	.88	.91	.93	.95	.95	.96	.97	.97	.97					
950		.78	.85	.89	.91	.94	.95	.95	.96	.97	.97	.97				
1000		.74	.83	.88	.90	.93	.94	.95	.95	.96	.97	.97	.97			
1400		.70	.81	.86	.89	.92	.93	.94	.94	.95	.96	.97	.97	.97		
1500		.66	.79	.84	.88	.91	.92	.93	.94	.94	.95	.96	.97	.97	.97	
1700		.61	.76	.83	.86	.90	.92	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.97	.97	.97
1800		.54	.74	.81	.85	.89	.91	.92	.93	.93	.94	.95	.96	.97	.97	.97
2000			.71	.79	.84	.89	.90	.91	.92	.93	.94	.95	.95	.96	.97	.97
2150			.69	.78	.82	.88	.89	.90	.92	.92	.93	.94	.95	.96	.97	.97
2300			.66	.76	.81	.87	.88	.90	.92	.92	.93	.94	.95	.95	.96	.97
2400			.63	.74	.80	.86	.88	.89	.91	.91	.92	.93	.94	.95	.96	.96
2600			.58	.72	.78	.85	.88	.88	.90	.90	.92	.93	.94	.95	.95	.96
2800			.54	.70	.77	.84	.87	.88	.89	.90	.91	.93	.94	.94	.95	.96
2900				.68	.75	.83	.86	.87	.88	.89	.91	.92	.93	.94	.95	.95
3000				.66	.74	.82	.84	.86	.88	.89	.90	.92	.93	.94	.95	.95
3200				.64	.73	.81	.83	.85	.87	.88	.89	.91	.93	.94	.94	.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน และ การดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟ่อน

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

ตารางที่ ง-1 แสดงการดึงแยกฟางข้าว

	การดึงแยกฟางข้าว ออกจากฟ่อน	การดึงแยกฟาง ในขั้นของฟ่อน
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

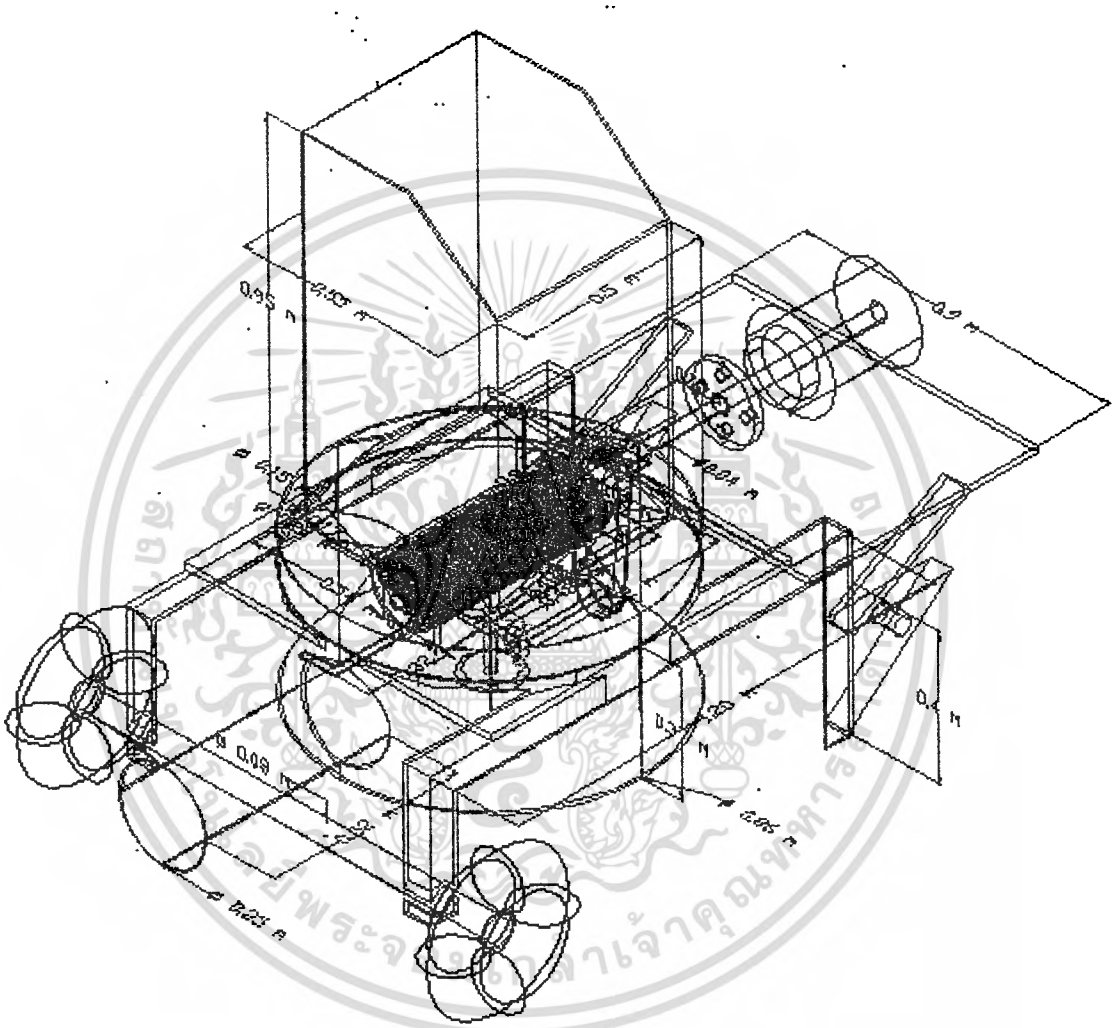
<u>หมายเหตุ</u>

* การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน 2 ฟ่อน
* การดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อน 5 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

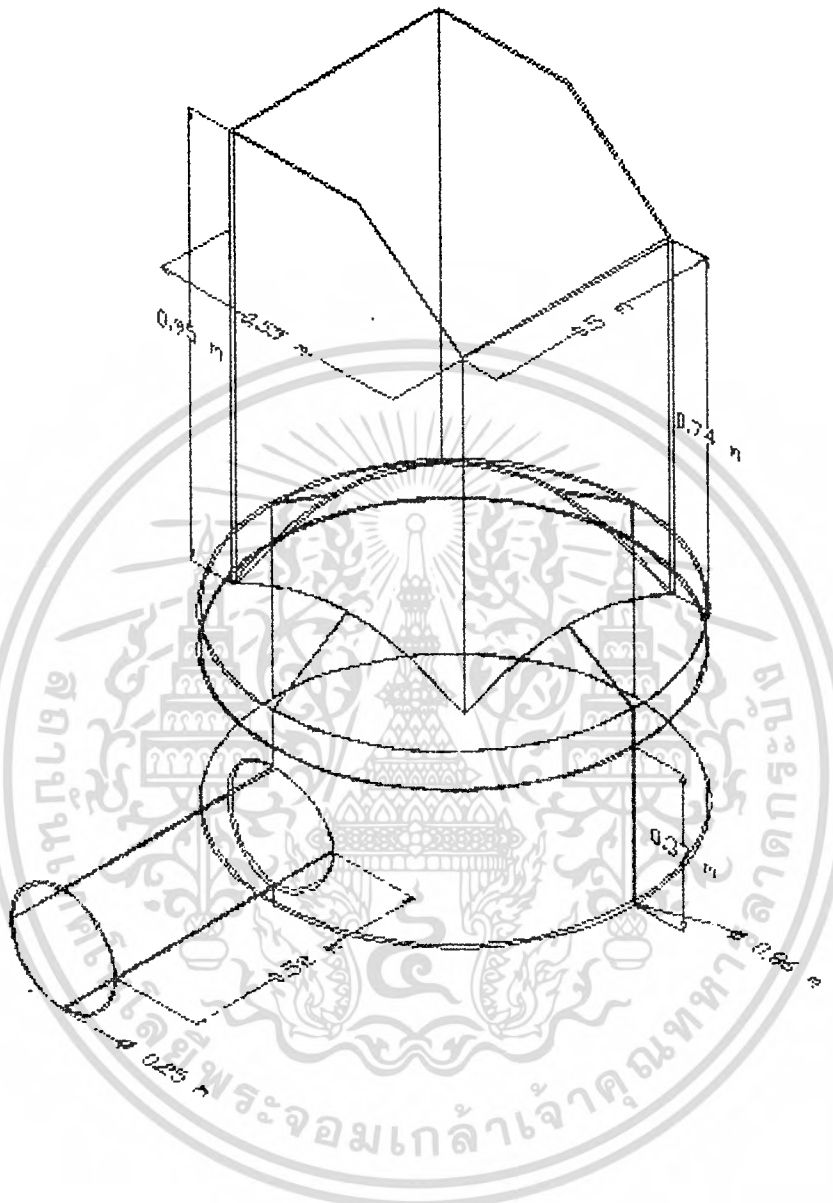
ภาคผนวก จ.

การออกแบบโดยใช้โปรแกรม Auto CAD และ โปรแกรม Solid Work



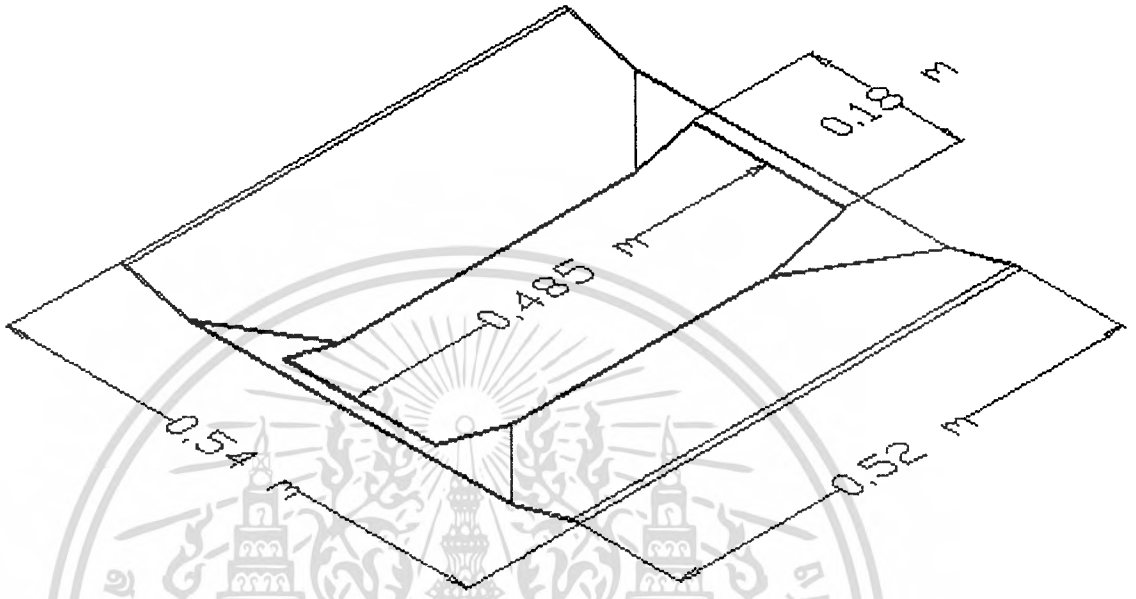
ภาพที่ จ-1 Schematic diagram เครื่องหั่นฟางข้าวอัดฟ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

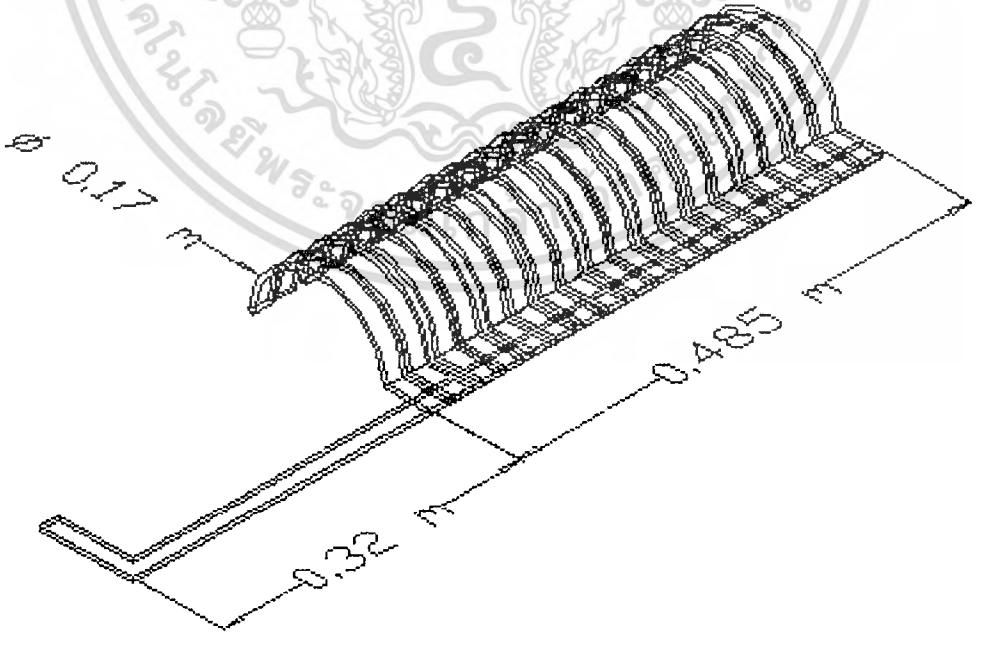


ภาพที่ จ-2 ถังบรรจุฟ่อนฟางข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

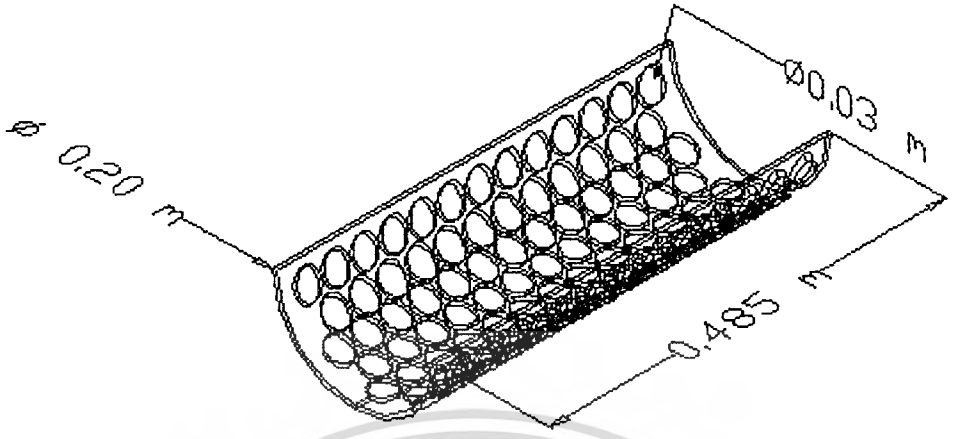


ภาพที่ จ-3 แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟางข้าว

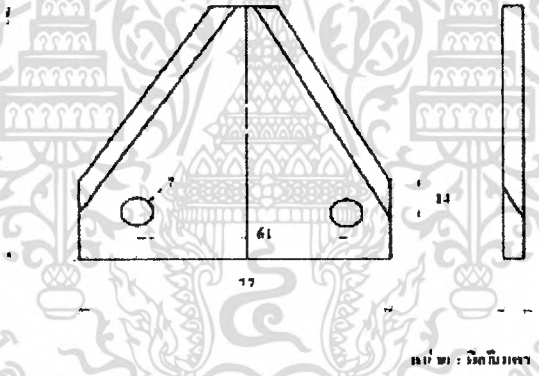


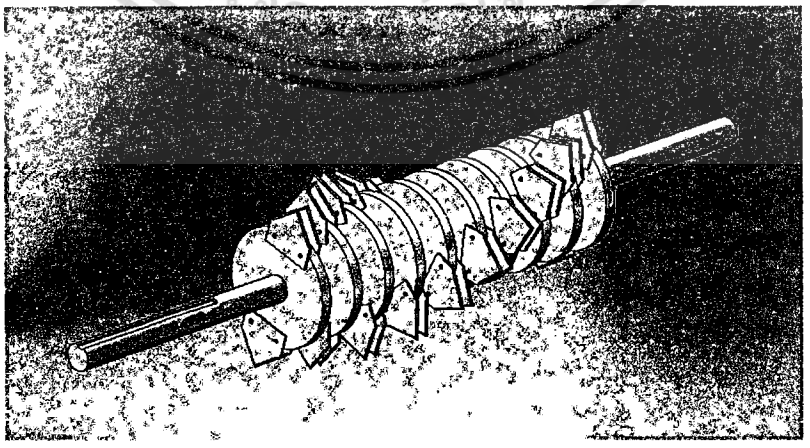
ภาพที่ จ-4 ตะแกรงป้องกันการกระแทก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



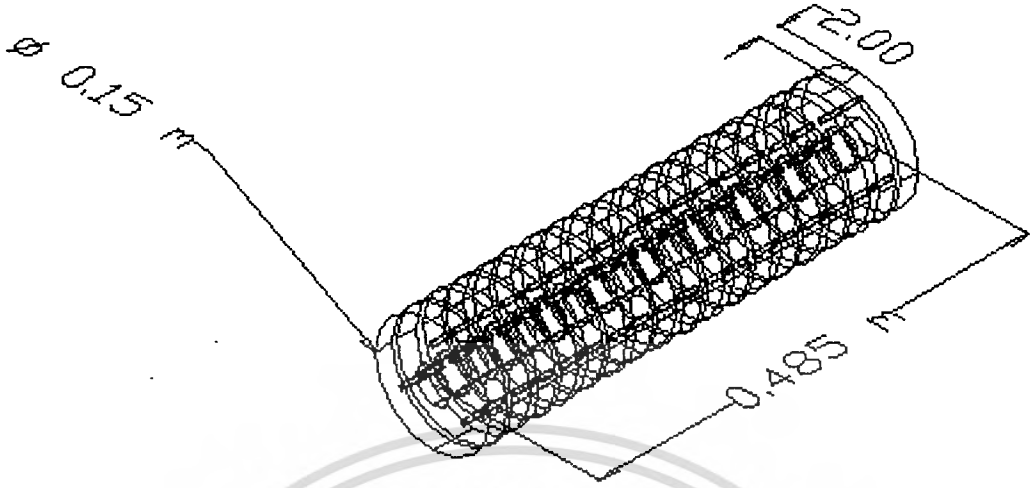
ภาพที่ จ-5 ตะแกรงกำหนดขนาดของเส้นฟางข้าว



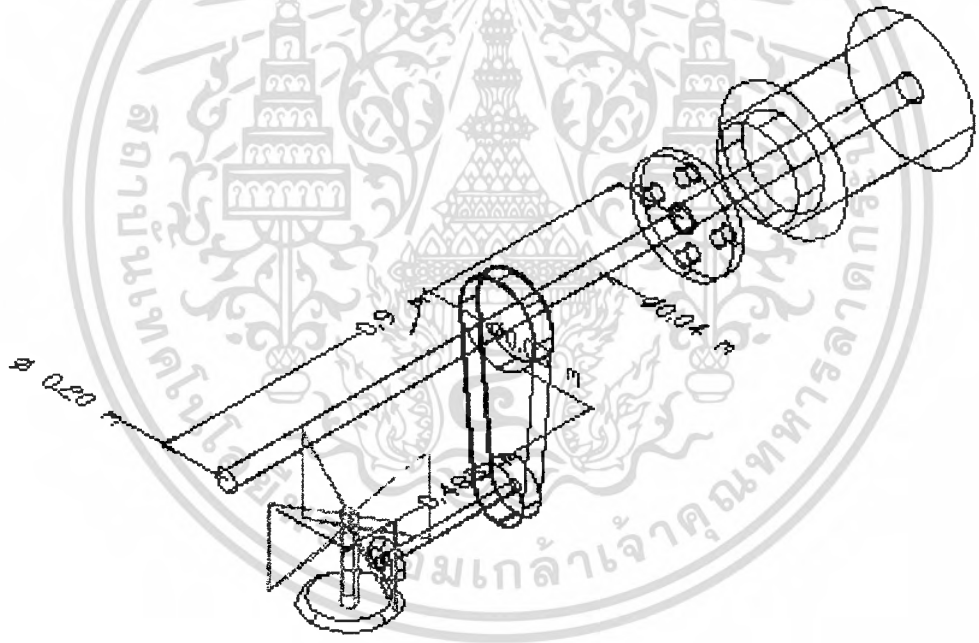


ภาพที่ จ-6 ใบมีดแบบ (Cutter bar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ-7 ชุดหน้าแปลนใบมีด



ภาพที่ จ-8 ชุดส่งกำลังและใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

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

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

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

[4] ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะฯ. 2533. **เครื่องจักรกลเกษตรใหม่ในโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตโคนม.** ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตร ฉบับประจำเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2533.

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

[6] สุรินทร์ นิยมางกูร **สิถิติวิจัย** สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ, 2548

[7] กณภัทร์ สุทธิวงศ์. **ชุดทดสอบกำลังของเครื่องจักรกลเกษตรขนาดเล็ก.** ปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

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

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

[10] พีรศักดิ์ วรสุนทโรสถ. (2544). **รอยไอยรา ๔.** กรุงเทพฯ : รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977). สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2546ข). **สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของไทย.**

[11] MECHANICS OF CUTTING PLANT MATERIAL,ASAE Technical Editor James A. Basselman,1987

[12] การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18,18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัดขอนแก่น.**การออกแบบและประดิษฐ์เครื่องย่อยยางต้นแบบ.**ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้