

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางสำหรับการทำอาหารผสม

DESIGN AND DEVELOPMENT OF STRAW CHOPPERS

FOR TOTAL MIXED RATION

RCH
S
698.5
ว 619ก
ค.1

โดย
รองศาสตราจารย์ ดร.วินัย กล้าจริง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....116114
วัน,เดือน,ปี.....-2 พ.ค. 2554

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2551

b.12313913

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการดัดแปลง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบและการพัฒนาวิธีการสร้างเครื่องหั่นฟาง เพื่อทดแทนการนำเข้าเครื่องหั่นฟางฟ่อนจากต่างประเทศและเครื่องหั่นแบบเดิมที่เกษตรกรมีใช้อยู่ในท้องถิ่นสำหรับฟางที่หั่นได้นั้นเพื่อความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารผสมมีความยาวอยู่ระหว่าง 2-5 เซนติเมตรและสามารถนำมาใช้หั่นย่อยฟางเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทน การออกแบบเครื่องหั่นฟางให้เครื่องสามารถทำการหั่นฟางโดยการหั่นฟางทั้งฟ่อนได้ เพื่อความสะดวกและประหยัดเวลาในการทำงาน ในการทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียล จะหาประสิทธิภาพการทำงาน of เครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน โดยทำการทดสอบการหั่นฟางอัดฟ่อนที่ความเร็วรอบของใบมีดต่างกัน ใช้วิธีทางสถิติ(โปรแกรม Minitab V.15) เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม พบว่าอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 0.00401 ลิตรต่อกิโลกรัม และมีประสิทธิภาพการหั่นเฉลี่ย 92.70 เปอร์เซ็นต์

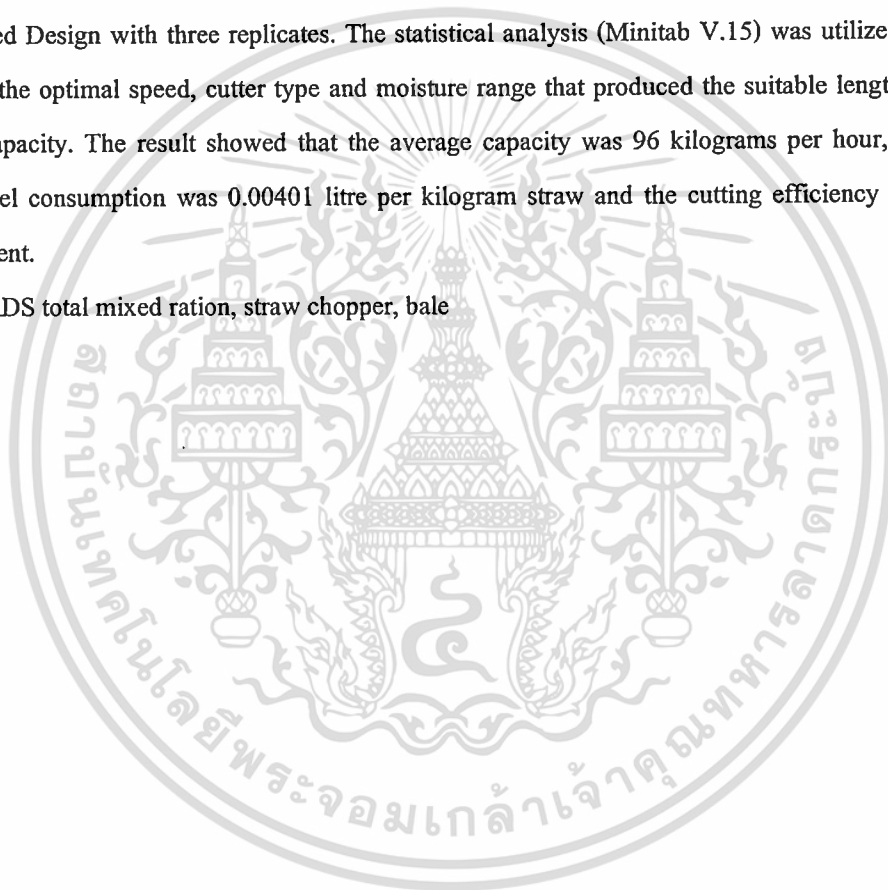


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This thesis presented the design, fabrication and development of straw chopper for replacing the import straw chopper from foreign country and the traditional local 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 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 0.00401 litre per kilogram straw and the cutting efficiency was 92.70 percent.

KEYWORDS total mixed ration, straw chopper, bale



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินการวิจัยขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร) อาจารย์ และเจ้าหน้าที่ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยรวมถึงการทดสอบเก็บข้อมูล เพื่อประเมินผลหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง และสำนักงานงบประมาณแผ่นดิน ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการทำการวิจัย

คณะผู้ดำเนินการวิจัย



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.....	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา.....	3
1.5 ขอบเขตการออกแบบ	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.7 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	5
2.1 อาหาร “TMR” กับคาร์เลียงโคนม-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 ส่วนประกอบทางโภชนาของ 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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
2.4 การจัดการให้อาหาร โคนม (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 การให้อาหารและการจัดการใน โครีดนม.....	23
2.4.5 การเลี้ยง โคนมเพื่อผลิตเนื้อ.....	35
2.5 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว.....	36
2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป.....	36
2.5.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้.....	37
2.5.3 การทำฟางปรุงแต่ง.....	37
2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับฟางข้าว.....	40
2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว.....	40
2.6.2 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	42
2.7 ทฤษฎีที่จะนำมาออกแบบใบมีดที่ใช้สับวัสดุ.....	42
2.7.1. การป้อนใบมีด.....	42
2.7.2. ความคมของใบมีด (Blade Sharpnees).....	43
2.7.3 ช่องว่างระหว่างใบมีดกับแท่นการตัด (Blade clearance with shear bar).....	43
2.8 การศึกษาเครื่องหันวัสดุเกษตรในประเทศ.....	43
2.8.1 ใบมีดชนิดจานกลม (flywheel type).....	43
2.8.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก (cylinder type).....	43
2.8.3 ชุดใบมีดหันวัสดุเมื่อหมุน (Rotating Beater).....	44
2.8.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเฉือน.....	45
2.8.5 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ดิซุมมะพร้าว.....	45
2.9 การศึกษาเครื่องหันฟางในต่างประเทศ.....	46
2.10 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	47
2.10.1 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อเนกประสงค์.....	47
2.10.2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องหันย่อยทางปาล์ม.....	47
2.10.3 เครื่องหันฟางสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร.....	49

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 requirement).....	60
2.12.5 การคำนวณความชื้นของวัสดุ.....	60
2.12.6 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน.....	60
2.12.7 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด.....	61
2.12.8 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ.....	61
2.12.9 การออกแบบเพลาดัน.....	61
2.12.10 การคำนวณหาความเร็วรอบ.....	62
2.12.11 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน.....	62
บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนาเครื่องหันฟาง.....	64
3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบที่ 1.....	64
3.2 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่.....	68
3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ.....	69
3.4 ระบบที่ทำการพัฒนา.....	72
3.4.1 ชุดใบมีด.....	72
3.4.2 ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด.....	72
3.4.3 อัตราทดจากเครื่องยนต์ต้นกำลังไปชุดใบมีด 2:1.....	74
3.4.4 ช่องทางลงถังบรรจุฟาง.....	74
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	75
4.1 การทดลอง.....	75
4.1.1 จุดประสงค์การทดลอง.....	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
4.1.2 วิธีการทดลอง.....	76
4.2 ผลการทดลอง.....	78
4.2.1 ผลการทดลองของใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 rpm.....	78
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	82
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	82
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง.....	82
ภาคผนวก.....	84
เอกสารอ้างอิง.....	90



สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหาร TMR.....	8
ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสม TMR สำหรับโค 1 ตัว.....	8
ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารขึ้น.....	12
ตารางที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารหยาบ.....	19
ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ.....	40
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.....	70
ตารางที่ 3.2 ผลการทดสอบหาอัตราความเร็วรอบขณะทำการตัดฟางของใบมีดแต่ละชุด.....	70
ตารางที่ 3.3 การทดลองหา Power requirement.....	71
ตารางที่ 4.1 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 9-10%db).....	78
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักของฟางที่ได้ขนาดจากการคัดแยกในแต่ละครั้ง (g) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า (ความชื้น 10-11%db).....	78
ตารางที่ 4.3 อัตราการหั่นฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/cc) เปรียบเทียบกับชุดใบมีดแบบเก่า.....	79
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์สำหรับ Factorial contrasts ใน 2^3 factorial.....	79

สารบัญภาพ

	หน้าที่
ภาพที่ 2.1 อาหารผสมสำเร็จรูป.....	5
ภาพที่ 2.2 อาหาร โคนม-โคเนื้อ.....	6
ภาพที่ 2.3.ความสัมพันธ์ของการให้น้ำนม น้ำหนักร่างกาย.....	26
ปริมาณการกินอาหารในระยะต่างๆของโคนม ที่มา: Ensminger(1990)	
ภาพที่ 2.4 ฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว.....	41
ภาพที่ 2.5 มิติด้านบนและด้านข้างของฟ่อนฟาง.....	41
ภาพที่ 2.6 Cutter bar.....	43
ภาพที่ 2.7 ใบสับ (cutterhead).....	44
ภาพที่ 2.8 แซมเมอร์มิล (Open view of Hammer Mill).....	45
ภาพที่ 2.9 ชุดใบมีดเครื่องย่อย.....	45
ภาพที่ 2.10 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีχυมะพร้าว.....	46
ภาพที่ 2.11 เครื่องหันฟาง.....	46
ภาพที่ 2.12 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อ่อนประเภท.....	47
ภาพที่ 2.13 ลักษณะโครงเหล็กแผ่นยึดใบมีดตัด.....	47
ภาพที่ 2.14 เครื่องหันย่อยทางปาล์ม.....	47
ภาพที่ 2.15 เครื่องหันฟาง.....	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.....	64
ภาพที่ 3.2 แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอคของเส้นฟาง.....	65
ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก.....	65

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
ภาพที่ 3.4 ตะแกรงกำหนดขนาดเส้นฟาง.....	66
ภาพที่ 3.5 ไบมีด.....	66
ภาพที่ 3.6 ชุดหน้าแปลนไบมีด.....	67
ภาพที่ 3.7 ชุดถ่ายทอดกำลังและไบพัด.....	67
ภาพที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับติดตั้ง.....	67
ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบไบมีด.....	68
ภาพที่ 3.10 ไบมีดชุดที่ 1	68
ภาพที่ 3.11 ไบมีดชุดที่ 2	69
ภาพที่ 3.12 ไบมีดชุดที่ 3.....	69
ภาพที่ 3.13 การทดสอบหาประสิทธิภาพของไบมีด.....	69
ภาพที่ 3.14 การทดสอบหาความเร็วรอบของไบมีดแต่ละชุด.....	70
ภาพที่ 3.15 การทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไบมีดใช้.....	70
ภาพที่ 3.16 แสดงการทดลองหาต้นกำลัง.....	71
ภาพที่ 3.17 ชุดไบมีด (Cutter).....	72
ภาพที่ 3.18 ระบบถ่ายทอดกำลังและไบพัด.....	73
ภาพที่ 3.19 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์.....	74
ภาพที่ 3.20 ช่องทางลงถังบรรจุฟาง.....	74
ภาพที่ 4.1 ฟอนฟางที่นำมาใช้ทดลอง.....	76
ภาพที่ 4.2 แสดงการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ.....	76
ภาพที่ 4.3 แสดงการนำฟอนฟางใส่ลงในเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน.....	76
ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟาง.....	77
ภาพที่ 4.5 การทดสอบหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	77
ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบชุดไบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm.....	80
ความชื้น 9-10%db	
ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบชุดไบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700และ750 rpm.....	80
ความชื้น 10-11%db	
ภาพที่ 4.8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปรียบเทียบชุดไบมีด 2ชนิด.....	80
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร.....	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษาโครงการนี้

การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่น โคนมและโคเนื้อ ได้รับการส่งเสริมจริงจังจากภาครัฐและเอกชน ดังจะเห็นได้จากจำนวน โคนมในปัจจุบันมีมากกว่า 4 แสนตัว แต่ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการการบริโภค และโคเนื้อที่มีจำนวนโคเพิ่มเพียง 263,728 ตัว แต่โคที่ถูกฆ่ามีจำนวนถึง 430,902 ตัว โดยไม่ได้รวมโคที่ถูกลอบฆ่าอีก (ปี 2544) ดังนั้นจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงโค จึงต้องมีการเพิ่มจำนวนโคนมเพื่อให้เพียงพอต่อการผลิตน้ำนมดิบ และมีการเพิ่มจำนวนโคเนื้อให้มากขึ้น การเพิ่มจำนวนสัตว์เลี้ยงเหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่ออาหารที่จะใช้เลี้ยงอย่างมากมาย ส่งผลให้จำเป็นต้องเร่งปรับปรุงในด้านอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และศูนย์วิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อมได้มีการศึกษาการผลิตพลังงานมวลชีวภาพจากแกลบ หรือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่ในท้องถิ่น สาขาระบบพลังงานมวลชีวภาพแก่ชุมชน สร้างการมีส่วนร่วมของชุมชนในการใช้พลังงานมวลชีวภาพทดแทน สนับสนุนการใช้พลังงานอย่างยั่งยืนและเทคโนโลยีทางเลือกในท้องถิ่น โดยเน้นการมีส่วนร่วมจากชุมชน หน่วยงาน และผู้เกี่ยวข้องในท้องถิ่น

เครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร ที่จะช่วยในการหั่นย่อยฟางหรือเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า หรือนำมาป้อนอาหารสัตว์ อุปสรรคของการนำฟางเข้ามาใช้เป็นประโยชน์ คือ การที่ต้องหั่นเป็นท่อนสั้นๆ เพื่อให้เหมาะสมในการใช้เป็นส่วนผสม ในการทำอาหารผสมในอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรจะใช้แรงงานคนสับหั่น ซึ่งนอกจากจะเป็นงานที่เหนื่อยยากมากแล้ว ยังเสียเวลาและแรงงานมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูง ต่อมาได้มีการดำเนินงานเพื่อพัฒนาเครื่องหั่นฟาง โดยการดัดแปลงจากเครื่องจักรกลต่างๆ ที่มีอยู่ เช่น เครื่องหั่นใบยา หรือดัดแปลงจากเครื่องที่ผลิตจากต่างประเทศ เพื่อผลิตจำหน่ายในประเทศไทยมาบ้างแล้ว แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากมีขีดความสามารถ ประสิทธิภาพการทำงาน ตลอดจนความแข็งแรงทนทานต่ำและไม่แน่นอน อีกทั้งยังไม่สามารถหั่นย่อยฟางทั้งฟ่อนได้ ซึ่งเป็นจุดอ่อนสำคัญของเครื่องหั่นฟางที่ผลิตจำหน่ายในประเทศ ส่วนเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่ต่างประเทศมีราคาสูง ทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้นจึงดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสมให้มีขีดความสามารถในการทำงาน อีกทั้งประสิทธิภาพการทำงาน และความแข็งแรงทนทานสูง เพื่อช่วยลดต้นทุนและช่วยประหยัดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการให้อาหาร และต่อไปในอนาคตรัฐบาลจะส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนนำมาใช้เองเพื่อลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เครื่องนี้จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เกษตรกรเพิ่มรายได้ให้แก่ครอบครัวและชุมชน ซึ่งประเทศไทยก็จะสามารถดำรงอยู่ในสภาวะแบบพอเพียง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางสำหรับทำอาหารผสมให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถหั่นฟางได้อย่างต่อเนื่อง
2. ทดสอบประเมินผลการทำงานของเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่ทำการพัฒนา
3. ลดต้นทุนในการผลิต สะดวกในการซ่อมบำรุง สามารถนำไปใช้ในกระบวนการย่อยฟางเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังงานมวลชีวภาพ

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1. การนำเครื่องหั่นฟางมาใช้ จะมีผลดีในด้านของปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เนื่องจากความยาวของเส้นฟางที่ได้มีขนาดสม่ำเสมอ
2. การใช้เครื่องหั่นฟางนี้เพื่อทดแทนเครื่องหั่นแบบเดิมและทดแทนแรงงานคน จะช่วยในการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถในการทำงาน

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

1. พัฒนาเครื่องหั่นฟางให้สามารถทำการหั่นเพื่อให้ได้ความยาวของเส้นฟางที่สม่ำเสมอ และสามารถทำงานได้อย่างครบถ้วนกระบวนการ
2. ประเมินผลประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องหั่น
3. ทดสอบการใช้งานจริง เพื่อหาเงื่อนไขการใช้งานที่เหมาะสมกับเครื่องหั่น
4. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง ในแง่ของความคุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์และการยอมรับของเกษตรกรผู้ใช้

1.5 ขอบเขตการออกแบบ

1. เครื่องหั่นถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้หั่นฟางทั้งฟ่อนได้ที่ทุกระดับ ความชื้นของฟ่อนฟาง
2. ฟ่อนฟางที่ใช้ในการหั่นต้องมีขนาดตามมาตรฐานที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
3. เครื่องหั่นที่ทำการออกแบบจะสามารถหั่นฟางให้มีความยาวที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็น วัตถุดิบในการทำอาหารผสม

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องต้นแบบที่ใช้สำหรับการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่สามารถหั่นฟางสำหรับการ ทำอาหารผสมได้และสามารถหั่นย่อยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆเพื่อเป็นเชื้อเพลิง
2. สามารถแก้ปัญหาการหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนที่จะนำไปทำอาหารผสม และ เพื่อการ พัฒนาไปสู่ระดับอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์และอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทน
3. ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาการกำจัดฟาง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ช่วยเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรจากการนำเศษวัสดุเหลือใช้ขาย ส่งให้ทางโรงงานไฟฟ้าพลังงานทดแทน

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 อาหาร “TMR” กับการเลี้ยงโคนม – โคนเนื้อ



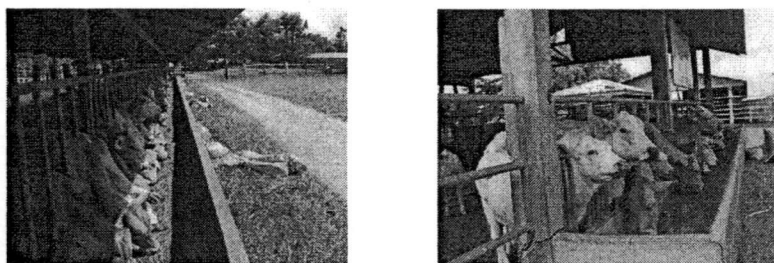
ภาพที่ 2.1 อาหารผสมสำเร็จรูป

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

2.1.1 บทบาทของอาหาร TMR

ความเป็นกรด-ด่าง (PH) ในกระเพาะรูเมน มีความสำคัญต่อขบวนการย่อยอาหารของโค การควบคุมให้ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนคงที่ จะสามารถเพิ่มการย่อยอาหารให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วงของความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมควรเป็น 6.0-6.5 ซึ่งมีผลโดยตรงมาจากอาหาร ถ้าให้โคได้กินอาหารแบบแยกกันระหว่างอาหารหยาบและอาหารข้น ความเป็นกรด-ด่างในรูเมนจะเปลี่ยนแปลงไปตามอาหารที่ให้ตลอดเวลา กล่าวคือ ถ้าให้โคกินอาหารข้น ซึ่งปกติอาหารชนิดนี้จะมีพลังงานที่น้อยได้สูงสภาพในกระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมีความเป็นกรด-ด่างต่ำลง ถ้าให้อาหารข้นปริมาณมาก โอกาสที่กระเพาะรูเมนจะเป็นกรดมากขึ้น ถ้าความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5 โคจะมีประสิทธิภาพการใช้อาหารลดลงในโคนมไขมันในน้ำนมจะต่ำและมีกรดในกระเพาะสูง เมื่อโคได้กินหญ้าหรืออาหารหยาบความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนจะสูงขึ้น เนื่องจากโคจะมีการเคี้ยวเอื้อง ทำให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำลาย ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างไหลกลับเข้ากระเพาะรูเมน จะช่วยปรับสภาพในกระเพาะรูเมนให้ความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ดังนั้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อาหารหยาบและอาหารข้นพร้อมๆ กันในรูปแบบของอาหาร TMR (อาหารผสมสำเร็จรูป) จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะสามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่



ภาพที่ 2.2 อาหาร โคนม-โคเนื้อ

2.1.2 ลักษณะของอาหาร TMR

ปกติการย่อยอาหารจะเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเป็นส่วนใหญ่ โดยกิจกรรมทางกายภาพของสัตว์ และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะที่จะทำหน้าที่เปลี่ยนอาหารเป็นกรดไขมัน ในสูตรอาหาร TMR จำเป็นต้องลดขนาดของอาหารหยาบลง เพื่อการผสมให้เข้ากันดีกับอาหารข้น ลดความฟามของอาหาร ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มปริมาณการกินได้และลดการเลือกกินอาหาร การลดขนาดของอาหารหยาบจะลดอาการเคี้ยวเอื้องทำให้มีการหมุนเวียนของน้ำลายน้อยลง ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ดังนั้น อาหาร TMR ควรมียุทธศาสตร์ดังนี้

1. ประกอบด้วยอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสมควรมีระดับพลังงานและโปรตีนครบตามความต้องการของสัตว์ระยะต่างๆ โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งตามอายุและผลผลิตของโค
2. คุณภาพของอาหารหยาบ และอาหารข้นต้องมีคุณภาพดี ควรมีระดับ โปรตีนไหลผ่าน 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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แหล่งอาหารหยาบ ใช้พืชอาหารสัตว์ได้ทุกชนิด และเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เยื่อใยสูง อาหารหยาบที่ใช้ควรมีสักยภาพในด้านการย่อยได้ และอัตราการย่อยได้สูง มีความสามารถทำให้อัตราการหมักสูง มีอัตราการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงกว่าอัตราการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้

2. แหล่งอาหารขึ้นประกอบด้วยแหล่งอาหาร โปรตีน เช่น พวกกากถั่วเหลืองๆ กากเมล็ดทานตะวัน กากงา กากเมล็ดฝ้าย ใบพืชโปรตีนสูง เช่น ใบกระถินแห้ง ใบมันสำปะหลังแห้ง เป็นต้น แหล่งอาหารพลังงาน เช่น มันเส้น ข้าวโพด รำ ข้าวฟ่าง เป็นต้น

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

2.1.4 ประโยชน์ของอาหาร TMR

การให้โคกินอาหารแบบอาหารผสมเสร็จ TMR หรือ Complete feed นี้เป็นการรวมทั้งอาหารหยาบ อาหารขึ้น และอาหารเสริมแร่ธาตุ และวิตามินเข้าด้วยกัน โดยการคำนวณให้มีโภชนาต่างๆ เพียงพอตามความต้องการของสัตว์ การให้อาหารแบบนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการประหยัดเวลาและแรงงาน ซึ่งโคจะได้รับโภชนาครบถ้วน มีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของโค และโคจะได้รับประโยชน์ดังนี้

1. ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนมีสภาพเหมาะสมต่อสภาวะนิเวศน์ของการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
2. ทำให้กระเพาะรูเมนของโค ใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. อาหารในกระเพาะหมักมีการย่อยได้ดีขึ้น
4. ทำให้การดูดซึมอาหารไปใช้ประโยชน์ในร่างกายดีขึ้น
5. ทำให้มันใจได้ว่าจะไม่เกิดป่วยเป็นโรคมึกรดในกระเพาะมากกับโค
6. ทำให้โคสามารถแสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่
7. จะช่วยประหยัดแรงงานเกี่ยวกับการจัดการอาหารหยาบ และสะดวกในการให้อาหาร

2.1.5 ส่วนประกอบทางโภชนาของ TMR

สูตรผสมและส่วนประกอบทางโภชนาของ TMR ขึ้นกับความต้องการของสัตว์ ตัวอย่างเช่น

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	สูตร 2
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

- หมายเหตุ
- อาจใช้เมล็ดนุ่นแทน
 - อาจใช้กากนุ่นหรือกากงาแทน
 - แร่ธาตุสูตรกรมปศุสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ข้อควรระวังในการใช้ TMR

โคอาจได้รับโภชนาบางตัวมาก หรือน้อยกว่าความต้องการ โดยเฉพาะพลังงาน และโปรตีน ทั้งนี้ เนื่องจากการประกอบสูตร TMR มักใช้เพื่อเลี้ยงโคในระดับเฉลี่ยทั่วไป ดังนั้น โคที่มีความต้องการโภชนาต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับโภชนามากกว่าความต้องการ ซึ่งอาจทำให้โคอ้วน และในทางกลับกันโคที่ให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยจะได้รับไม่เพียงพอ ต้นทุนค่าอาหารจะสูงขึ้น ทั้งนี้ เพราะมีการใช้เครื่องจักรกลเพื่อผสมอัดเม็ด หรือบดวัตถุดิบโดยเฉพาะอาหารหยาบ อย่างไรก็ตาม ราคาของ TMR จะต้องไม่แพงไปกว่าอาหารข้นโดยทั่วไป จึงจะทำให้ผู้เลี้ยงได้รับผลตอบแทนเต็ม แหล่งของเยื่อใยใน TMR โดยเฉพาะในแง่การค้ำผู้ผลิตมักนิยมใช้ของที่บดง่าย เช่น ช้างข้าวโพด , เปลือกถั่วลิสง หรืออื่นๆ ผสม ซึ่งไม่มีลักษณะเป็นเส้นใย ดังนั้นสัตว์จะย่อยไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าปกติ นอกจากนี้ ยังมีการนิยมใช้กากปาล์ม ซึ่งมีเวลาปาล์มปนค่อนข้างมากเป็นแหล่งเยื่อใย ซึ่งจะทำให้โคมีอาการเบื่ออาหาร และการให้ผลผลิตลดลง มีการสูญเสียโภชนาระหว่างขบวนการเตรียม TMR เช่น การอัดเม็ดหรือการหมัก โดยเฉพาะกรณีหลังนี้ จะมีการทำลายโปรตีน และแป้งใน TMR ระหว่างการหมักโดย จุลินทรีย์ทำให้สัตว์ได้รับประโยชน์น้อยกว่าที่ประมาณการไว้ มีโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดจากการได้รับสาร NPN (Nonprotein Nitrogen) สูงค่อนข้างมาก ทั้งนี้เพราะ ผู้ผลิตมักนิยมผสมยูเรียไปเพื่อเพิ่มโปรตีน และแนะนำให้กินเฉพาะ TMR อย่างเดียวเต็มที่ ดังนั้น ถ้าสัตว์ได้รับยูเรียมากกว่าวันละ 30 กรัม / น้ำหนักตัว 100 กก. จะทำให้เกิดพิษ ซึ่งผู้ผลิตและผู้ใช้จะต้องระวังที่จุดนี้ให้มาก ในทางปฏิบัติ อาหาร TMR ไม่ควรใส่ยูเรียเกิน 1% และมีผสมกากน้ำตาลด้วยในปริมาณ 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

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 (ผลพลอยได้จาก การทำแป้งมันสำปะหลัง) หรือใช้ในรูปมันอัดเม็ด มันสำปะหลังมีพลังงานค่อนข้างสูง มีเยื่อใยประมาณ 90% เยื่อใยประมาณ 3.4% ไขมันประมาณ 0.8% โปรตีนต่ำประมาณ 2.0% ในหัวมันและใบมันสดมีกรดไฮโดรไซยานิก หรือกรดพรีสติก ซึ่งมีความเป็นพิษต่อสัตว์ แต่สามารถทำลายหรือลดความเป็นพิษได้โดยความร้อนโดยการผึ่งแดด อาหารของสัตว์ที่ได้รับสารพิษจากมันสำปะหลังจะคล้ายๆ กับอาการเป็นพิษจากการได้รับยูเรียในปริมาณมาก

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทโปรตีน

- **กากมะพร้าว (Coconut meal)** ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันมะพร้าวจากเนื้อมะพร้าวแห้ง ไม่มีส่วนของกะลา แต่อาจมีส่วนของเปลือกชั้นในติดมาบ้าง เนื้อในมะพร้าวเมื่อแยกเอาน้ำมัน ออกแล้วจะเหลือส่วนของกากประมาณ 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 สามารถใช้ในอาหาร โคนมได้ดี

- **กากถั่วเหลือง (Soybean meal)** เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันถั่วเหลือง กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพสูง กากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันด้วยสารเคมีจะมีโปรตีนอยู่ประมาณ 44 - 50% มีไขมันเหลืออยู่น้อยมาก (0.5 - 1.0%) มีเยื่อใยต่ำ (<7%) มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 71 - 80% เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีราคาค่อนข้างสูง จึงมักพบว่ามี การปลอมปนด้วย รำ ช้างข้าว โปดบด กากเมล็ดงุ่น กากเมล็ดฝ้าย

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

- **กากเมล็ดงุ่น (Kapok seed meal)** เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันจากเมล็ดงุ่น 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%

จึงมีโอกาสนั้นเร็วและขึ้นราได้ง่าย และมีตรวจพบสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ควรระมัดระวังในการใช้เป็นพิเศษ

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

ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบโภชนะของอาหารขึ้น

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อ	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
กากมันสำปะหลัง	68.8	-	70.4	0.9	0.7	4.6	78.8	1.6	-	0.03
กากมันสำปะหลังสด	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	-	-
กากเมล็ดนุ่นกะเทาะเปลือก	-	-	-	45.2	7.02	-	-	9.1	1.39	0.35
กากเมล็ดยางพารา	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
กากเมล็ดฝ้ายทั้งเปลือก	92.4	20.2	58.6	28.0	5.2	21.4	33.2	4.6	0.17	0.64
กากเมล็ดฝ้ายกะเทาะเปลือก	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
กากเมล็ดทานตะวัน	94.3	45.0	70.8	49.5	4.9	5.4	28.6	5.9	0.26	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่สามารถนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุแห้ง	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนาณย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซียม	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
กากเมล็ด ปาล์ม	91.4	15.4	76.5	19.2	6.7	11.9	49.7	3.9	-	0.69
กากน้ำตาล อ้อย	73.4	11.0	53.7	3.0	-	-	61.7	8.6	0.66	0.08
กากสับประด แห้ง	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	-	-
แคลบกุ้ง	89.7	37.8	43.5	46.7	2.8	11.1	1.3	27.8	-	-
กระดุกป่น	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
ถั่วเหลือง เมล็ด	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	%ยอดโคโทนย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แร่ธาตุ	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
มันสำปะหลังสด, 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
ลำเห็ดแห้ง	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 การปลูกสร้างทุ่งหญ้ามี่

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) แต่ที่ใช้ในการปลูกสร้างทุ่งหญ้ามามีประมาณ 40 ชนิด สำหรับในเขตร้อนอย่างประเทศไทยมีการใช้เพื่อทำทุ่งหญ้าเพียง 15-20 ชนิดเท่านั้น ที่จะนำมากล่าวในที่นี้จะเลือกเฉพาะพันธุ์ที่นิยมใช้กันมากและสามารถหาส่วนขยายพันธุ์ได้เท่านั้น ซึ่งมีพันธุ์หญ้างูดังนี้ คือ

1. หญ้าขน (*Para Grass หรือ Mauritius*) *Brachiaria mutica*

แหล่งดั้งเดิม อยู่ในเขตร้อนของแอฟริกา นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2472 จากประเทศมาเลเซีย โดย R.P. Jones

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial มีการเจริญเติบโตแบบกิ่งเลื้อยกิ่งตั้ง Stolons จะทอดขนานบนพื้นดินและมีรากพร้อมทั้งกิ่งก้านแตกออกมาจากข้อ ข้อและกาบใบมีขนสีขาวปกคลุม

ลักษณะทางการเกษตร เหมาะสมกับบริเวณที่ชื้นแฉะ ที่ราบลุ่ม ขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภท ทนทานต่อน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานๆ

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

การใช้ประโยชน์ หลังปลูกควรปล่อยให้หญ้าขึ้นตั้งตัวก่อนประมาณ 80-90 วัน จึงใช้ประโยชน์ ในระยะแรกระบบรากยังไม่แข็งแรงพอการปล่อยโคลงแพะเล็มต้องจัดการดูแลให้ดี เพื่อป้องกันการทำลายต้นอ่อน

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

2. หญ้ารูซี (*Ruzi Grass หรือ Congo Grass*) *Bachiaria ruziziensis*

แหล่งดั้งเดิม ประเทศ Congo นำเข้าประเทศไทยเมื่อปี 2511 โดยองค์การส่งเสริมกิจการ

โคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.)

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) แต่ในสภาพทุ่งหญ้าเดี่ยวควรปล่อยให้โคลงแทะเล็มเมื่อหญ้ามียุประมาณ 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) ลำต้นสูงจากพื้นดิน 180 - 240 ซม. ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะแตกเป็นกอใหญ่มาก มีใบยาวเรียวยาวคล้ายอ้อย แต่มีความกว้างของใบน้อยกว่า

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากแข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ชอบที่ชื้นแฉะโดยเฉพาะข้างคอกและหลังคอกที่มีทางระบายน้ำออกจากคอก

การปลูก ใช้ส่วนของลำต้นที่มีอายุประมาณ 6 เดือน ตัดเป็นท่อนๆ ให้มีข้อ 2 - 3 ข้อ ฝังลงในดินลึกประมาณ 10 ซม. หรือปลูกเป็นหลุมๆ โดยให้ข้อฝังอยู่ใต้ดิน

การใช้ประโยชน์ ปกตินิยมตัดสดให้โค แต่ก็สามารถปล่อยโคลงแทะเล็มได้เมื่อคอยควบคุมไม่ให้หญ้าขึ้นสูงมากเกินไป หลังจากปล่อยแทะเล็มแล้วควรตัดให้หญ้ามียุประมาณ 80 วัน

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

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

แหล่งดั้งเดิม ในแอฟริกาตะวันออกนำเข้ามาประเทศไทยโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2504

ลักษณะทั่วไป ลำต้นเป็นแบบเถาเลื้อย มีไหล (Stolon) มากมายประสานเป็นร่างแห

ลักษณะทางการเกษตร ขึ้นได้ดีมากแม้แต่ในพื้นที่ที่มีความสูงกว่าระดับน้ำทะเลหลายๆ ทนทานต่อการแทะเล็มและเหยียบย่ำของโค เจริญเติบโตได้เร็ว

การปลูก ใช้ส่วนของลำต้นขยายพันธุ์

การใช้ประโยชน์ ปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม

คุณค่าทางอาหาร 7.6 % CP, 48 % TDN

5. หญ้าไร้ด (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 ปลูกผสมกับถั่วเซนโตรและถั่วเซอร์ราโตรได้ดี

การใช้ประโยชน์ ใช้ตัดสดให้โคกินหรือปล่อยโคลงแทะเล็ม มีความทนทานต่อการแทะเล็มได้ดี นอกจากนี้ยังนิยมปลูกเพื่อทำหญ้าแห้ง (Hay) เพราะมีลำต้นเล็กมาก แห้งได้เร็ว เมื่อทำเป็นหญ้าแห้งจะได้หญ้าแห้งที่มีคุณภาพดี

คุณค่าทางอาหาร 8-9 % CP, 57 % TDN

6. หญ้าบัฟเฟิล (Buffel Grass) *Cenchrus ciliaris*

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

ลักษณะทั่วไป จัดเป็นหญ้ากอพุ่มประเภท Perennial ใบมีสีเขียวซีด

ลักษณะทางการเกษตร มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี พืชตัวได้เร็วหลังการแทะเล็ม ชอบขึ้นในพื้นที่ที่มีการระบายน้ำได้ดี

การปลูก ใช้เมล็ดอัตรา 1 - 2 กก./ไร่ หรือแยกกอปลูก ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรหรือเซอร์ราโตรได้

การใช้ประโยชน์ เหมาะทั้งตัดสดและปล่อยโคแทะเล็ม สามารถใช้ทำหญ้าแห้งได้ดีอีกด้วย

คุณค่าทางอาหาร 11 % CP, 55 % TDN

7. หญ้ากินนี่ (Guinea Grass) *Panicum maximum*

แหล่งดั้งเดิม ในแอฟริกา อเมริกากลางและอเมริกาใต้ นำเข้ามาประเทศไทยเมื่อปี 2444 โดยเจ้าพระยาสุรวงศ์

ลักษณะทั่วไป เป็นหญ้าประเภท Perennial มีลำต้นตั้งตรงคล้ายกอตะไคร้ มีเหง้า ข้อมีสีขาว ใบยาวเรียวยาว

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากลึก ทนแล้งได้ดี ขึ้นได้ดีในที่ที่มีการระบายน้ำดี

การปลูก ใช้ส่วนลำต้นใต้ดินโดยการแยกกอ หรือใช้เมล็ดอัตรา 1 - 2 กก./ไร่ สามารถปลูกได้ต้นไม้ใหญ่ได้ ทนต่อร่มเงาได้ดี ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร ถั่วเซอร์ราโตรได้

การใช้ประโยชน์ ใช้ได้ทั้งตัดสดและปล่อยโคลงแทะเล็ม ควรให้เหลือต่อไร่ประมาณ 15 ชม. ถ้าต่ำมากอาจตายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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) ก่อนโดยการนำไปแช่ในน้ำอุณหภูมิ 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 มีเถาอ่อนข้างเล็ก ใบไม่มีขน ดอกสีม่วงอ่อน ฝักจะแบนและหนา ยาว 7 - 15 ซม.

ลักษณะทางการเกษตร ทนทานต่อความแห้งแล้งและการแทะเล็มได้ดี สัตว์ชอบกิน

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

การใช้ประโยชน์ ปลูกร่วมกับหญ้า อาจใช้ตัดสดหรือปล่อยให้โคลงแทะเล็มก็ได้

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

3. ถั่วเซอร์ราโตร (Siratro) *Macroptilium atropurpureum*

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

ลักษณะทั่วไป เป็นถั่วประเภท Perennial ลำต้นมีขนขึ้นอยู่ทั่วไป ใบด้านบนมีขนน้อยกว่าด้านล่าง ใบย่อยที่อยู่ด้านข้างมีลักษณะคล้ายรูปไข่ ใบมีส่วนเว้าเข้าไป

ลักษณะทางการเกษตร มีระบบรากแข็งแรง ทนแล้งได้ดี ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขัง
การปลูก ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดในอัตรา 2 กก./ไร่ นิยมปลูกร่วมกับหญ้ากินนี หญ้าไร้ด
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
คุดชูต้นสด	30.6	4.2	19.9	5.5	1.0	8.3	13.6	2.2	0.96	0.07
เซนโตรซีมาต้น สด	19.5	2.6	9.7	4.6	0.7	6.2	6.4	1.6	-	-
ถั่วเหลือง, ฝัก อ่อน	24.2	3.1	15.5	4.0	1.0	6.4	10.4	2.4	0.37	0.07
ทาวสวิลสไต โล	25.3	-	-	4.4	0.8	6.2	9.6	4.3	0.43	0.19
แคบอส	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, ฤดู แล้ง	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, เหล็ก	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	%ยอดโคโทนย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แรธาตุ	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
หญ้าชูดาน	28.5	1.0	18.6	1.7	0.5	9.6	14.0	2.1	-	-
หญ้างิณนี	26.8	0.8	13.6	1.4	0.4	11.5	10.5	3.0	0.10	0.06
หญ้านเนเปียร์ ลูกผสม	21.9	0.7	12.5	1.1	0.3	9.0	8.9	2.6	0.07	0.12
หญ้าไร้ด	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
ผักบู่้ง	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	-	-
เตามันเทศ	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
คุดชูแห้ง	89.8	10.2	49.3	15.2	2.3	29.4	36.6	6.6	2.78	0.21
ถั่วเหลืองต้้ง แห้ง	88.0	9.6	49.0	14.4	3.3	27.5	35.8	7.0	0.95	0.24
ถั่วลิสงต้้งแห้ง ปลิดฝักแล้ว	90.6	5.4	47.3	10.0	3.2	23.6	44.2	9.6	1.12	0.13
แคใบแห้ง	88.1	12.8	60.2	16.6	2.3	4.3	56.8	8.1	-	-
ฟางข้าว	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
ข้าวโพดต้้ง แห้ง	90.6	2.1	51.9	5.9	1.6	30.8	46.5	5.8	0.54	0.09
ฝ้าย, เปลือก เมล็ด	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	-	-
หญ้ายาขน	90.2	1.9	41.6	4.6	0.9	33.6	45.5	6.6	-	-
หญ้าชูดาน	89.3	4.3	48.5	8.8	1.6	27.9	42.9	8.1	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดอาหาร	= วัตถุประสงค์	%โปรตีนย่อยได้	%ยอดโภชนะย่อยได้	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	แป้ง น้ำตาล	แร่ธาตุ	แคลเซียม	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	-	-
หญ้าชอกัม	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	-	-
หญ้าชูดาน	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
ฟางรายดูเรีย- 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 ปริมาณการย่อยอาหารและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องก็บออาหารคือ หลักการของ NRC (National Research Council) ซึ่งเป็นระบบของประเทศสหรัฐอเมริกา และ ARC (Agricultural Research Council) ซึ่งเป็นระบบของประเทศอังกฤษ ทั้งสองระบบต่างคำนวณค่าความต้องการอาหารของโคได้ดีใกล้เคียงกัน ซึ่งอ้างอิงระบบ NRC เป็นหลัก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าประเทศไทยเราควรอย่างยิ่งที่จะต้องสร้างมาตรฐานอาหาร โคนมไทย ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาพันธุ์โคนมและการจัดการฟาร์มเพราะโคนมของประเทศไทยยังมีความแตกต่างกับต่างประเทศอยู่มากทั้งรูปร่างและผลผลิต

2.4.2 ปริมาณสิ่งแห้งที่กิน

ปริมาณสิ่งแห้งที่กิน (Dry matter intake, DMI)

Voluntary feed intake หมายถึงจำนวนอาหารที่ให้สัตว์กิน โดยสัตว์สามารถเข้ากินอาหารได้อย่างสะดวกและมีอาหารอยู่ตลอดเวลา

Ad libitum feeding หมายถึงการให้อาหารสัตว์ที่มีจำนวนของอาหารให้มากกว่าที่สัตว์ต้องการอีกอย่างน้อย 10% และเป็นกรให้อาหารรายวัน(อาหารใหม่เช้า อาหารเก่าออก) การแสดงจำนวนอาหารกินในโคจะแสดงในรูปปริมาณสิ่งแห้งหรือน้ำหนักแห้ง (dry matter, DM) ปริมาณสิ่งแห้งจะหมายถึง เนื้อสารของวัตถุดิบอาหารสัตว์คิดที่ไม่มีน้ำที่ละลายในน้ำ ซึ่งโคได้รับทั้งหมดในแต่ละวัน ปริมาณสิ่งแห้งมีความสำคัญต่อโคโดยเฉพาะโคที่ให้ผลผลิตสูง หรือโคที่อยู่ในช่วงแรกของการให้น้ำนม โคเหล่านี้ต้องการปริมาณอาหารที่มาก คุณภาพสูง ย่อยง่าย เพื่อการให้ผลผลิตตามลักษณะทางพันธุกรรม ในทางตรงข้ามถ้าได้ไม่เพียงพอกับความต้องการ การให้ผลผลิตและน้ำหนักตัวจะลดลง ส่วนโคที่อยู่ในระยะกลางและระยะปลายของการให้น้ำนม ก็จะให้อาหารที่มีระดับพลังงานน้อยลง ไม่เช่นนั้นก็จะทำให้โคอ้วนเกินไป และมีผลเสียต่อการผสมพันธุ์และตั้งท้อง ดังนั้นการดูแลจัดการเรื่องปริมาณสิ่งแห้งที่กินและระดับพลังงานที่ได้รับจึงมีความสำคัญมากปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการกินสิ่งแห้ง มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินสิ่งแห้ง ซึ่งทำให้การคำนวณลำบาก แต่ NRC ได้ทำสรุปไว้ในตารางผนวก 1 โดยเทียบกับกิโกลรัม น้ำนมมาตรฐานที่ 4% FCM (fat corrected milk) ถ้าโคนมกินสิ่งแห้งได้ไม่เพียงพอกับในตารางระดับพลังงานที่โคจะได้รับ ซึ่งจะลดลงและไม่เพียงพอต่อความต้องการ ผลคือโคจะน้ำหนักและน้ำหนักลดลง ในทางตรงข้ามถ้าโคกินสิ่งแห้งได้มากกว่าที่ตารางกำหนดโคมีแนวโน้มอ้วนมากและให้น้ำมน้อยเช่นกัน จำนวนสิ่งแห้งที่โคจะกินปรากฏในตารางจะลดลงประมาณ 18% ในระหว่าง 3 สัปดาห์แรกของการให้น้ำนม เนื่องจากโคระยะนี้จะมีคามอยากอาหารน้อย ประกอบสุขภาพร่างกายโคยังไม่แข็งแรงจากการคลอดลูกใหม่ ในระหว่างนี้โคจะชดเชยการขาดพลังงานจากอาหาร โดยดึงเอาพลังงานจากไขมันที่สะสมไว้ในร่างกายนำมาใช้การผลิตน้ำนม และในกรณีที่ให้อาหารหมัก (silage) เป็นแหล่งอาหารหลัก ให้พิจารณาความชื้นรวมของสูตรอาหาร ถ้าความชื้นรวมของสูตรอาหารเกิน 50% โคจะกินสิ่งแห้งลดลง 0.02% ของน้ำหนักตัวในทุก 1% ความชื้นที่เกิน 50% ขึ้นไป เพื่อแก้ไขปัญหานี้เราต้องเพิ่มความเข้มข้นของระดับพลังงานในสูตรอาหารให้สูงขึ้น โดยทั่วไปมีสูตรการคำนวณปริมาณความต้องการสิ่งแห้งในโคระยะกลาง-ปลาย การให้น้ำนมอย่างง่าย นอกเหนือจากที่กล่าวข้างบน คือ $DMI (\text{กก./day}) = 0.025 BW (\text{กก.}) + 0.1 (\text{กก.}\cdot\text{milk})$ $DMI (600 \text{ กก.}, 20 \text{ กก. นม}) = [0.025(600)] + [0.1 \times 20] = 17 \text{ กก. DMI}$ แสดงว่าโคน้ำหนัก 600 กก. ให้น้ำนม 20 กก. ต้องการกินสิ่งแห้ง 17 กก./วัน

2.4.3 สูตรอาหาร

การทำสูตรอาหาร(Ration)และการผสมอาหารตามสูตร ไม่ใช่เรื่องยาก และก็ไม่ใช่การเอามาผสมคลุกกันเท่านั้น การทำอาหารให้โคเป็นเรื่องของศาสตร์และศิลป์ในตัวเอง การทำสูตรอาหารให้โคจำนวนน้อยตัว หรือฝูงโคขนาดกลางเป็นการทำได้ง่ายเห็นผลชัดเจน แต่การทำอาหารให้โคฝูงใหญ่จำนวนมาก เป็นเรื่องที่ต้องพิถีพิถันมาก เพราะการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย จะมีผลกระทบต่อโค 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. และแร่ธาตุเปลือกย่อย 0.23 กก. โภชนะที่ออกมาในน้ำนมเหล่านี้ จะต้องได้รับการเพิ่มเติมในสูตรอาหารให้มากกว่าที่ออกมา เพราะโภชนะที่โคกินเข้าไปต้องสูญเสียออกไปได้หลายทาง นอกเหนือที่จะผ่านไปในนมอย่างเดียวน สูตรอาหารที่ให้โคกินจึงต้องมีความครบถ้วนตามความต้องการของโคและ margin of safety และโภชนะหลักที่ต้องจัดให้มีพอเพียงคือ พลังงาน โปรตีน เยื่อใย สัตส่วนอาหารหยาบ เกลือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน A (หรือ carotene) ถ้ากลุ่มอาหารข้างบนครบถ้วนในสูตรอาหาร โภชนะรองตัวอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าว มักจะมีเพียงพอตามไปด้วย ส่วนลักษณะทางกายภาพที่ต้องพิจารณาควบคู่คือ ความน่ากินของอาหาร ขนาดของอาหาร สัตส่วนอาหารหยาบต่ออาหารชิ้น ปริมาณการกินอาหารของโค ความถี่ในการจ่ายอาหาร ความสม่ำเสมอและความตรงเวลาในการจ่ายอาหาร มีความสำคัญมากในโครีดนม เพราะหมายถึงความสมดุลภายในกระเพาะหมักจะไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้โคเกิด Stress สุดท้ายคือปริมาณสิ่งแห้งที่โคได้รับหรือกินเข้าไปในแต่ละวัน โคต้องกินได้ปริมาณสิ่งแห้งสูงสุดจากสูตรอาหารที่ดีที่สุด โคจึงจะให้ปริมาณน้ำนมสูงตามศักยภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1 หลักการให้อาหารที่ดี

นอกเหนือจากเรื่องของปริมาณสิ่งแห้งที่โคกินแล้ว การให้อาหารที่ดีผู้เลี้ยงต้องเข้าใจ 2 เรื่อง คือ จำนวนและลักษณะของอาหารหยาบกับจำนวนและลักษณะของอาหารข้น ถ้าเข้าใจใน 2 ประเด็นเป็นอย่างดี จะทำให้การจัดจ่ายอาหารถูกต้องขึ้น

ก) จำนวนและลักษณะของอาหารหยาบ (Forage feed)

หลักการที่ต้องคำนึงในการจ่ายอาหารหยาบทั้งในรูปแบบสดแห้ง หรือหมักก็ตามคือ

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

2. ปริมาณอาหารหยาบที่กิน สัดส่วนของอาหารหยาบในอาหารสูตรรวม จะต้องมียาอาหารหยาบขั้นต่ำ 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) การให้อาหารหมักมีโอกาที่โคจะกินต่ำกว่าตามต้องการ เพราะปริมาณความชื้นในอาหารมีมาก ปกติหญ้าหมักจะมีความชื้น 70-75% ข้าวโพดหมักมีความชื้น 65-70% ในขณะที่หญ้าแห้งจะมีความชื้น 10-15%

5. อัตราส่วนของหญ้าแห้งต่อเมล็ดธัญพืช (เมล็ดข้าวโพด) หญ้าแห้งคุณภาพดี 1.51 กก. จะเทียบเท่ากับพลังงานจากเมล็ดธัญพืช 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 แต่โดยทั่วไปจะมีข้อเสนอแนะอัตราส่วน (100%) คือ

กลุ่มโค R : C

- โคให้นมช่วงแรก (ให้ผลผลิตสูง) 40 : 60
- โคให้นมปานกลาง (ระยะกลางการให้นม) 50 : 50
- โคให้นมน้อย (โคทั่วไป, ระยะปลายการให้นม) 60 : 40

ข) จำนวนและลักษณะของอาหารข้น (Concentrate หรือ Grain)

การให้อาหารข้นอาจมีความแตกต่างกันอยู่บ้าง ในบางประเทศที่มีคุณภาพอาหารหยาบดี เขาจะเสริมอาหารเป็นเมล็ดธัญพืช (Grain) เช่น เมล็ดข้าวโพด, wheat ก็เพียงพอ ถือเป็นเสริมแหล่งงานให้แก่โคนม แต่บางประเทศ เช่น ในประเทศไทย ซึ่งมีคุณภาพของอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง การเสริมเฉพาะเมล็ดธัญพืชอย่างเดียวจะไม่พอเพียง เราจึงต้องยังจำเป็นต้องเสริมในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาหารข้น (concentrate) ซึ่งประกอบไปด้วยแหล่งอาหารพลังงานกับแหล่งอาหาร โปรตีนเป็นหลัก จึงจะพอสำหรับโคนม

1) ปริมาณอาหารข้น อาหารข้นโดยทั่วไปจะใช้ไม่เกิน 60% ของปริมาณสิ่งแห้งที่โคกินทั้งหมดต่อวัน หรือในอัตราไม่เกิน 2.3% ของน้ำหนักตัว

2) ปริมาณของชนิดของโปรตีน การให้อาหาร โปรตีนจะเป็นไปตามปริมาณความต้องการของโคนม (เช่น 19% Crude protein ในโคช่วงแรกการให้นม) อาหารโปรตีนควรมีลักษณะมีให้เพียงพอแก่จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ส่วนที่เหลือควรผ่านเข้าไปย่อยในกระเพาะจริงและส่วนของลำไส้ ดังนั้น จึงต้องมี rumen degradable protein ต่ำ และมี undegradable protein สูง และจำกัดการใช้ยูเรียในอาหาร โคนในช่วงแรกการให้นมและช่วงกลางการให้นม 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% ส่วนแร่ธาตุปดลีย่อยอื่นอาจเสริมในรูปแร่ธาตุก้อนให้โคกินอิสระ

6) วิตามิน ที่พิจารณาคือ A, D, E โดยพิจารณาให้ตามช่วงการให้ผลผลิตของโค หรือกรณีที่โคอยู่ในภาวะความเครียดสูง

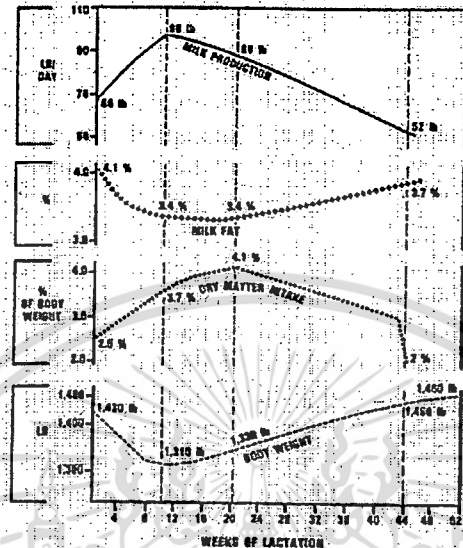
2.4.4.2 ระบบการให้อาหาร

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 โคนจะเริ่มให้น้ำนมลดลงตามลำดับไปจนถึงระยะพักรีदनน้ำนม ช่วงที่สี่ช่วงพักรีดน้ำนมจะใช้เวลาประมาณ60วันก่อนที่โคนจะคลอดลูกและให้น้ำนมในรอบใหม่ (Ensminger, 1990) แต่อย่างไรในสภาพการผลิตโคนมในเมืองไทยจึงอยากแนะนำให้มีการแบ่งระยะการให้ผลผลิตออกเป็น 4 ระยะเพื่อประโยชน์ในการจัดการดูแลโคเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้ใดเห็นเข้าใช้ประโยชน์จากการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นเพราะปัจจัยจากสภาพอากาศร้อนทำให้โคนมมีการปรับตัวในเรื่องระยะเวลาการให้ผลผลิต โดยเพิ่มระยะการรักษาระดับน้ำนมหรือช่วง60-100วัน ให้มีการดูแลโคนมเป็นการพิเศษ เนื่องจากมีแนวโน้มว่าจะให้น้ำนมถึงจุดสูงสุดเร็วและมีการลดการผลิตน้ำนมเร็วเช่นกัน ดังนั้นการดูแลโคในระยะกลางการให้น้ำนมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง



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

2.4.4.2.2 รูปแบบการให้อาหาร

1) การให้อาหารแบบนำ (Challenge feeding/Lead feeding)

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

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

2) Group Feeding

การให้อาหารรายตัวเป็นเรื่องยากและเปลืองแรงงานมาก ยกเว้นการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องจ่ายอาหารสมัยใหม่เข้าช่วยเหลือในกรณีที่มีโคเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ เมื่อนักศึกษาเห็นว่าเนื้อหาไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นทางแก้ปัญหาเพื่อไม่ต้องลงทุนเรื่องเครื่องจ่ายอาหารมาก และยังคงมีประสิทธิภาพในการจ่ายคือการจ่ายอาหารแบบกลุ่ม โดยการจัดกลุ่มโคที่มีผลผลิต และช่วงอายุการให้น้ำนมใกล้เคียงกันมาอยู่ด้วยกัน และจ่ายอาหารเป็นกลุ่มๆ ตามความต้องการรวมของกลุ่ม เมื่อผู้เลี้ยงจะจัดการจ่ายอาหารแบบกลุ่ม จำนวนกลุ่มและจำนวนโคต่อกลุ่มเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาโดยดูจาก 1) ขนาดของฝูง 2) รูปแบบและต้นทุนของอาหาร (ถ้ามีหลายสูตร) 3) รูปแบบของโรงเรือน 4) รูปแบบของการจ่ายอาหาร TMR หรือแบบแยกส่วน 5) ระบบการรีดนม 6) สภาพเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมฟาร์ม เช่น เครื่องจักร, แรงงาน ในฝูงขนาดใหญ่ เช่น ฝูง 250 ตัวรีดนม มักจะแบ่งกันออกเป็น 5 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มโคให้ผลผลิตสูง (2) กลุ่มโคให้ผลผลิตปานกลาง (3) กลุ่มโคให้ผลผลิตต่ำ (4) กลุ่มโคสาวท้องแรก (5) กลุ่มโคป่วยแต่นมอีกเสบ ทั้งนี้ไม่รวมกลุ่มโคที่ไม่ได้ให้ผลผลิตน้ำนม คือ กลุ่มโคพักรีดนม กลุ่มโคโรคคลอด กลุ่มโคท้อง กลุ่มโครุ่น กลุ่มลูกโค ซึ่งปกติผู้เลี้ยงจะเลี้ยงแยกกลุ่มกันอยู่แล้ว สำหรับกลุ่มโครีดนมทั้ง 5 กลุ่มนั้น หากฝูงโคขนาดใหญ่และสภาพของโรงเรือนเอื้ออำนวยการแบ่งกลุ่มให้มากกว่านั้นเป็นเรื่องที่ดี จะทำให้การจ่ายอาหาร ได้มีประสิทธิภาพและตรงตามความต้องการของโคส่วนจำนวนโคต่อกลุ่ม เมื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมทางสังคมของโคแล้วควรมีไม่เกิน 100 ตัว/กลุ่ม แต่หากเป็นไปได้ ควรอยู่ในอัตรา 50 ตัว/กลุ่ม จะทำให้การจําแนกโคและการตรวจสอบความผิดปกติของโคทำได้ง่ายขึ้น และเมื่อจัดกลุ่มแล้ว พยายามอย่าย้ายโคบ่อย จะทำให้โคต้องปรับตัวอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีปัญหา น้ำหนักลดต่ำ การให้อาหารในโคกลุ่มให้ผลผลิตสูง ควรจะเป็นอาหารที่ดีที่สุด ฟาร์ม ทั้งในแง่คุณภาพและปริมาณ รวมถึงความใหม่สด และเวลาที่ให้ควรเป็นกลุ่มแรกๆ ที่ให้อาหาร ในโคกลุ่มให้ผลผลิตปานกลางและต่ำ จะเป็นกลุ่มที่เรลดระดับเข้มข้นของโภชนะลง 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

Stress จากอาหารที่กินเข้าไปครั้งละมากๆ และชนิดของอาหารที่แตกต่างกันมาก ในกรณี
ที่จ่ายอาหารสูตรรวม TMR ควรแบ่งจ่ายอย่างน้อย 4 ครั้ง/วัน (เช้า 2, บ่าย 2) โดยมีช่วง
ห่างที่ใกล้เคียงกัน เช่นในช่วงก่อน-หลังรีดน้ำนม ส่วนลำดับในการจ่ายอาหาร จะต้อง
พิจารณาในกรณีที่เราให้อาหารโคแบบแยกส่วน อาหารหยาบกับอาหารข้นให้คนละครั้ง

1) ถ้ากรณีเราจ่ายอาหารมีความถี่ 4 ครั้ง/วัน นั้นหมายถึงว่า เราต้องจ่ายอาหาร
หยาบและอาหารข้นอย่างละ 4 ครั้ง/วันด้วย

2) เราต้องคำนวณแบ่งจ่ายอาหารหยาบกับอาหารข้นว่าในแต่ละครั้งจะต้องให้
โคได้รับปริมาณอย่างละเท่าใด 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 และยังเป็น
การทำให้กระเพาะหมักมี Stress จากภาวะความเป็นกรดสูงโดยไม่จำเป็น ถัดจากจ่าย
อาหารหยาบแล้ว เราจึงจ่ายอาหารข้นเป็นลำดับต่อมา และให้กลับมาจ่ายอาหารหยาบ
สลับกับอาหารข้นอย่างเป็นจังหวะ ตามตารางเวลาและความถี่ที่กำหนด

2.4.4.4 การจัดการรางอาหาร

โครีดนมส่วนใหญ่จะเลี้ยงอยู่ในสภาพขังภายในโรงเรือน ดังนั้นผู้เลี้ยงต้องเอาใจ
ใส่ในเรื่องที่อยู่อาศัยของโคต้องอยู่ในที่แห้ง ส่วนรางอาหารจะต้องมีการทำความสะอาด
อยู่เสมอ

1) กำหนดเวลาในการทำความสะอาดรางอาหาร ขจัดอาหารเก่าที่ติดค้างในราง
อาหารออก เพราะเป็นต้นเหตุของอาหารเหม็นหืน และเชื้อราสะสมอยู่ อาจทำให้โค
ได้รับอันตรายจากเชื้ออะฟลาทอกซินได้ง่าย

2) ความถี่ในการทำความสะอาด ต้องถี่ขึ้นในกรณีให้อาหารหมัก

3) ควรมีการขัดหรือจำแนกเศษอาหารที่โคไม่กินแล้วออกจากรางอาหาร ไม่ควร
ให้เหลือปะปนกับอาหารดีหรืออาหารให้ใหม่จะทำให้ความน่ากินของอาหารใหม่ลดลง

2.4.4.5 การจัดการอาหารหยาบสำหรับโครีดนม

เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนชื้น คุณภาพอาหารหยาบคือแปลงหญ้า หรือ
แปลงพืชอาหารสัตว์ จะมีคุณภาพไม่สูงมากนัก แต่เรายังมีพื้นที่มาก และราคาของพื้นที่
ยังอยู่ในราคาที่ไม่แพง ถึงกับจะทำให้ต้นทุนการทำแปลงพืชอาหารสัตว์ หรือต้นทุนพืช
อาหารสัตว์แพงมาก ดังนั้นจึงยังปรากฏเห็นการเลี้ยงโครีดนมอยู่บนแปลงหญ้าอยู่ทั่วไป
ตราบโคที่ราคาแพง การเลี้ยงจึงจะใช้ระบบที่เข้มข้น (กักขังในโรงเรือน) กันมากขึ้น ทำ
ให้ผู้เลี้ยงต้องเข้าใจอยู่เสมอว่า โคนมเป็นสัตว์ที่เปลี่ยนโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคุณภาพ
ต่ำ เป็นโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตคุณภาพสูงได้ และโคที่ให้ผลผลิตสูงต้องการคุณภาพ

หญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูงย่อยง่ายและสดใหม่ ผู้เลี้ยงต้องคำนวณต้นทุนการผลิตพืชอาหารสัตว์กับต้นทุนการเสริมอาหารจากอาหารข้น ว่าอย่างไรให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจมากกว่ากันในแง่ของการปฏิบัติ โคนมต้องการอาหารหยาบสดใหม่ ดังนั้นผู้เลี้ยงต้องวางแผนการปลูกพืชอาหารสัตว์ให้มีอาหารหยาบสดอยู่ตลอดเวลา ต้องจัดการว่าฤดูกาลใดจะปลูกอะไรอย่างไร เช่น ผู้เลี้ยงอาจเริ่มต้นคำนวณดูว่าใน 1 ปี ปริมาณอาหารหยาบต้องการใช้เท่าไร และจะได้จากแหล่งใดบ้าง ส่วนใหญ่คงเริ่มจากในฤดูฝน ผู้เลี้ยงต้องทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงหญ้าอยู่เท่าใด 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 ซึ่งจะให้อัตรารผลผลิตเฉลี่ย 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 การจัดการอาหารชั้นสำหรับโคนม

หลังจากกำหนดการปลูกและปลูกพืชอาหารสัตว์ไปแล้ว ผู้เลี้ยงจะต้องทราบข้อมูลเบื้องต้น ถึงคุณค่าทางอาหารสัตว์ ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย พลังงานของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูก เพื่อที่ผู้เลี้ยงจะได้ ชดเชยส่วนที่ขาดโดยการใช้อาหารชั้นเสริม อาหารชั้นเสริมจะเป็นการแก้ไขปัญหาระยะสั้นเพื่อให้โคได้รับโภชนาครบถ้วนตามต้องการ วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ในสูตรอาหารชั้น ควรพิจารณาจากการขาดของโภชนาหลังจากที่ได้รับข้อมูลอาหารหยابของฟาร์มแล้ว จะยังขาดโภชนาตัวใดอีก เราจึงเลือกซื้อวัตถุดิบมาผสมในสูตรอาหาร การเลี้ยงโคนมผู้เลี้ยงต้องใช้แหล่งอาหารหยابให้เต็มที่เป็นแหล่งอาหารคงที่หลักของฟาร์ม แล้วจึงปรับสูตรอาหารชั้นให้สอดคล้อง อย่าทำในทิศทางตรงข้าม เพราะมีผู้เลี้ยงจำนวนมากตั้งต้นการเลี้ยงโคนมจากอาหารชั้นก่อน จะมีผลต่อสุขภาพโคและต้นทุนการผลิตต่อนม 1 กก. การจัดการอาหารชั้นควรมีหลายสูตร จะได้เหมาะสมกับกลุ่มโคแต่ละกลุ่ม และปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับฤดูกาลของพืชอาหารสัตว์ และความสมบูรณ์ของร่างกายโค รวมถึงสอดคล้องกับราคาของวัตถุดิบที่นำมาใช้บ่อยครั้งที่เราต้องหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่ต้องแข่งขันกับวัตถุดิบที่ใช้ในสูตร, ใ้ เช่น ข้าวโพด, มันสำปะหลัง, กากถั่วเหลือง, ปลาป่น เป็นต้น วัตถุประสงค์ที่นำมาใช้ในสูตรอาหารชั้นจะต้องปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับฤดูกาลตลอดปี เช่นเดียวกับการวางแผนพืชอาหารสัตว์ผู้เลี้ยงต้องวางแผน และทราบว่าวัตถุดิบอาหารชั้นในแต่ละฤดูกาลตลอดปีมีอะไรออกมาจำหน่าย ราคาจะลด จะเพิ่มเมื่อไร วัตถุดิบจะหมดเมื่อไร จะใช้อะไรทดแทนได้บ้าง แหล่งซื้อที่ใด ถ้าเราวางแผนวัตถุดิบอาหารชั้นดีแล้ว จะทำให้เรามีวัตถุดิบอาหารสัตว์เพียงพอและเหมาะสมกับโคทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

2.4.4.7 แนวคิดเกี่ยวกับการให้อาหารชั้น

การให้อาหารชั้น(Concentrate feed)ในปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้เกิดผลตอบแทนสูงสุด เป็นหัวใจในการทำความเข้าใจ โภชนาหลักที่มีผลต่อราคาของอาหารชั้นและมีความจำเป็นยิ่งสำหรับโคนม คือ พลังงาน จำนวนของอาหารชั้นต้องให้ได้เหมาะสมเพียงพอกับระดับของพลังงานที่โคต้องการ เมื่อราคาของอาหารชั้นแพงขึ้น (ปกติจะแพงขึ้นทุกปี ยกเว้นราคาวัตถุดิบราคาอาจขึ้นลง) จำเป็นต้องให้โคกินหรือใช้พลังงานจากแหล่งอาหารหยابเป็นอันดับแรก ปริมาณอาหารชั้นที่จะใช้ ถัดจากพลังงานรวมที่โคต้องการต่อตัวต่อวัน หักออกด้วยพลังงานที่ได้รับจากอาหารหยاب พลังงานที่ขาดเหลือก็คือ จำนวนของอาหารชั้นที่ต้องให้โคกินเข้าไป เพื่อให้ได้พลังงานพอเพียง ค่าพลังงานที่นำมาใช้คำนวณอาจอยู่ในรูป TDN, ME ก็ได้ แต่แนวโน้มในปัจจุบันและอนาคตจะคิดในรูป NE Lactation ซึ่งจะทำให้การคำนวณตรงกับความต้องการของโค

มากที่สุด โภชนะตัวอื่นที่จะนำมาคำนวณในสูตรอาหารชั้นก็ใช้หลักการคิดเช่นเดียวกับการคิดพลังงาน สำหรับโภชนะตัวอื่นที่จำเป็นต้องมีในอาหารชั้นคือ 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 โดยทั่วไปการคำนวณสูตรอาหารชั้นจะไม่คิดเพียงรายตัว แต่มักจะออกสูตรอาหารให้เหมาะกับกลุ่มโค เช่น ถ้าเราแบ่งกลุ่มโคเลี้ยง เราก็จะออกสูตรอาหารให้เหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม ซึ่งจะมีเรื่องของ Lead factor เข้ามาเกี่ยวข้อง Lead factor หมายถึงตัวคูณ ซึ่งจะนำมาคูณกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักของฝูงโคหรือกลุ่มโคที่เรากำลังจะออกสูตรอาหารให้แก่กลุ่มนั้น เพื่อให้สูตรอาหารที่ออกมา มีความครอบคลุมทั้งโคที่ให้น้ำหนักมากสุดในฝูง (ในกลุ่ม) ด้วย ไม่ใช่สูตรอาหารตามค่าเฉลี่ยของฝูง ซึ่งจะทำให้โคให้น้ำหนักมากได้รับ โภชนะไม่เพียงพอ สำหรับเรื่องแร่ธาตุ ถ้าเราสามารถจัดหาแร่ธาตุผสมมาผสมในสูตรอาหารได้ จะดีที่สุด เพราะทำให้แน่ใจได้ว่าโคทุกตัวได้รับแร่ธาตุตามเกณฑ์ที่เราคำนวณไว้ การให้แร่ธาตุก่อนหรือแบบให้กินอิสระนั้น ไม่มีหลักฐานยืนยันชัดเจนว่าโคจะกินและได้รับแร่ธาตุครบถ้วนจริง แต่เราก็สามารถนำมาใช้เป็นการเสริมได้ หลังจากที่เราผสมในอาหารชั้นแล้วส่วนหนึ่ง

2.4.4.8 การจัดการอาหารสูตรรวม TMR (Total Mixed Ration)

ตามหลักการแล้วการทำอาหาร TMR จะเหมาะสมกับการจัดจ่ายให้แก่โคที่ให้ผลผลิตสูงเป็นอย่างมาก TMR เป็นการจัดการนำเอาอาหารหยาบคุณภาพดี ผสมกับอาหารชั้นคุณภาพดีให้เป็นเนื้อเดียวกันและจัดจ่ายให้แก่โคที่ให้ผลผลิตสูง(John, 1977; Mccullough, 1973) แต่บางครั้งในกรณีที่ผู้เลี้ยงมีแหล่งอาหารหยาบคุณภาพต่ำ และมีปัญหาในกรณีที่นำมาจ่ายแยก จะทำให้โคกินได้น้อย การทำผสมแบบ TMR จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการกิน ทำให้โคกินทั้งอาหารหยาบคุณภาพต่ำ และอาหารชั้นในเวลาเดียวกัน อาจช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ แนวคิดเกี่ยวกับอาหารสูตรรวม, TMR ไม่ใช่เรื่องใหม่ ผู้เลี้ยงหลายคนอาจมีประสบการณ์มาแล้ว เพราะปกติการคำนวณสูตรอาหาร ผู้คำนวณต้องใช้แนวความคิดของการคิดอาหารสูตรรวมอยู่แล้ว (คิดทั้งอาหารหยาบและอาหารชั้น) แต่เป็นเพียงการจัดจ่ายอาหารที่ต่างกัน การจ่ายอาหารแบบใหม่คือการนำเอาอาหารหยาบมาผสมกับอาหารชั้น ด้วยเครื่องผสม (Mixing Wagon) เพื่อให้อาหารทุกส่วนคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วนำจ่ายให้แก่โค เราเรียกเป็นวิธีการจ่ายอาหารแบบ Optimum Feeding, Optimum Ration, Complete Feed หรือ Total Mixed Ration ปัจจุบันนิยมใช้คำย่อว่า “TMR” วิธีการนี้ค่อนข้างจะมีประสิทธิภาพ และมีความสำคัญมีข้อได้เปรียบเมื่อใช้ร่วมกับอาหารจากแหล่ง Silage หรือแหล่งอาหารหยาบอื่นที่พร้อมจะ

นำมาผสมกัน อาหารหยาบที่อาจจะไม่เหมาะที่จะใช้วิธีนี้คือ หญ้าสดและหญ้าแห้ง เพราะทั้งสองชนิดนี้มีขนาดเส้นใยยาว โดยเฉพาะหญ้าแห้งจะเบาคลุกเคล้ากันยาก ยกเว้นผู้เลี้ยงต้องนำมาตัดให้สั้นขนาด 1 ซม. - 1 นิ้วก่อน 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 จึงควรรหาแหล่งเยื่อใยจากหลายแหล่งมาใช้ร่วมกัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.9 การจัดการโปรแกรมจ่ายอาหารและขั้นตอน

อาหารข้นและอาหารหยาบ สามารถจัดจ่ายได้ทั้งแบบ TMR หรือจ่ายแบบโรยทับกันเป็นชั้นๆ หรือจ่ายแบบให้กินแยกกันคนละครั้งก็ได้ ถ้าจุดหมายของการจ่ายอาหารอยู่ที่การใช้อาหารจากแหล่งอาหารหยาบสูงสุด (หยาบสดหรือ Silage) เมื่อเรามีแหล่งอาหารหยาบที่ดีที่สุด มากที่สุดคือช่วงฤดูฝน คุณภาพของหญ้าสดจะดี และควรจะใช้ประโยชน์จากหญ้าสดให้มากที่สุด โดยจัดให้โคได้มีกินเต็มที่ตลอด 24 ชั่วโมง ลดอาหารข้นให้น้อยลง ใช้อาหารที่ใหม่ ตัดมาให้กินใหม่ (หญ้าสดที่ตัดและทิ้งไว้ในรถ ก่อนนำมาให้กินจะมีปัญหาการหมักบูด และความร้อนในระหว่างการรอจัดจ่าย ควรระวังว่าหลังตัดรีบนำให้กินหรือเก็บไว้ในที่ร่มป้องกันแสงแดด ในโรงเรือนควรมีพื้นที่ว่างสำหรับการเข้ากินอาหารอย่างพอเพียง รวมถึงการมี อ่างน้ำ, ร่มเงาที่พอเพียง จะทำให้โคกินอาหารหยาบได้มากที่สุด ทั้งนี้เพราะอาหารหยาบก่อให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้นมากในขณะการย่อยและการเคี้ยวเอื้อง เราจึงต้องลด Stress จากสาเหตุความสะอาดของโรงเรือน โดยจัดให้มีความสะอาดสบายมากที่สุด

2.4.4.10 วิธีการเปลี่ยนแปลงการให้อาหาร

การปรับการกินอาหาร โค ปกติการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอาหาร อาจเกิดจากผู้เลี้ยงมีเจตนาเปลี่ยนปริมาณการกินอาหารหยาบ (หญ้า) กับอาหารข้น หรือเกิดจากโคนมเลือกกินอาหารอย่างใดอย่างหนึ่งมากขึ้น การกินอาหารหยาบมาก ไม่ได้ก่อให้เกิดผลเสียมากต่อระบบการย่อยอาหารและการเผาผลาญสารอาหารของร่างกาย แต่จะทำให้โคนมได้รับสารอาหารต่ำกว่าระดับที่เราต้องการ (under feed) แต่ในทางตรงข้ามหากโคได้รับอาหารข้นมาก จะทำให้โคปรับตัวไม่ทันเกิดปัญหาในเรื่องระบบการย่อยอาหารได้ง่ายมาก ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบในอาหารข้มนั้นเอง หรือในกรณีที่จะเปลี่ยนแหล่งโปรตีนในอาหาร จากโปรตีนพืชมาเป็นยูเรีย หรือ Nonprotein Nitrogen เราจะต้องค่อยๆ เพิ่มปริมาณการใช้ทั้งในรูปของเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมในอาหารข้น และปริมาณการกินในแต่ละวันอย่างค่อยเป็นค่อยไป ส่วนอาหารหยาบการเปลี่ยนจากหญ้าสดมาเป็นหญ้าแห้ง หรือ silage จะไม่ก่อให้เกิดปัญหามากนัก แต่ในทางตรงข้ามถ้าเปลี่ยนอาหารหยาบจาก silage หรือหญ้าแห้ง ไปกินหญ้าสดล้วนทันที มักจะเกิดปัญหาท้องร่วง ท้องอืด หรือแม้แต่โรค grass tetany ดังนั้นควรใช้เวลาในการปรับเปลี่ยน 3-4 วัน ถ้าจะให้ปลอดภัย 1 สัปดาห์ จึงจะดีที่สุด เพราะจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีอัตราการเจริญเติบโต ตั้งแต่ 24-72 ชั่วโมง จึงจะเข้าสู่สภาพสมดุลในกระเพาะหมัก การปรับสูตรอาหารข้น กรณีเปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบที่ใช้อยู่ปกติ 1 ตัว ไปเป็นวัตถุดิบตัวใหม่ในสูตรอาหาร หรืออาจหลายตัวก็ตาม ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบคือ ความนำกินของอาหาร โดยเฉพาะวัตถุดิบอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ชนิดที่มีราคาสูงมักจะมีคุณภาพต่ำและความนำกินต่ำด้วย การนำมาใช้ในอัตราส่วนที่มากในสูตรอาหาร ก็จะทำให้สูตรอาหารมีความนำกินต่ำไปด้วย วัตถุดิบอาหารหลาย

อย่างที่ต้องใช้ มีข้อจำกัดคือถ้าใช้มากไปจะมีผลในทางตรงข้ามคือ ไม่ได้ช่วยเพิ่มการสร้างน้ำนม ถึงแม้ว่าการเลือกใช้วัตถุดิบอาหารชั้นสูงที่มีวัตถุดิบน้อยชนิด กับสูตรที่มีวัตถุดิบมากชนิดจะให้ผลต่อสมรรถนะของโคไม่แตกต่างกัน แต่การใช้สูตรอาหารที่มีวัตถุดิบหลายชนิด จะช่วยในแง่ลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหาการเปลี่ยนวัตถุดิบใช้ ลดปัญหาเรื่องความน่ากินของอาหาร เพราะอัตราส่วนของวัตถุดิบแต่ละตัวที่นำมาใช้จะมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน การปรับเปลี่ยนจึงทำได้ง่ายกว่า

2.4.4.11 การป้องกันและตรวจสอบปัญหาจากการให้อาหาร

ในการให้อาหาร โคนม จะต้องจัดจ่ายอาหารให้โคกินได้เต็มที่ โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ ถ้าเกิดมีปัญหาด้านสุขภาพโค เราจะต้องติดตามเฝ้าระวังและคอยแก้ไข ปัญหาอย่างทันที่ การป้องกันปัญหาที่ดีที่สุดสำหรับโคนม ปัญหาจากอาหารอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ นับจากการขาดหรือมีมากเกินไปของโภชนะบางตัว ความน่ากิน สารพิษ การสลายตัวของอาหารก่อนให้โคกิน บางปัญหาที่เป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจ ทางป้องกันคือจะต้องมีมาตรการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบตั้งแต่นำเข้ามาในฟาร์ม ว่ามีคุณสมบัติตรงตามที่ตกลงซื้อ-ขายหรือไม่ มาตรการเก็บรักษา การผสมและขั้นตอนการผสมอาหาร การเก็บรักษาอาหารที่ผสมแล้ว ลักษณะ และรูปแบบการนำไปจ่ายให้โค การสูญเสียและสัดส่วนที่โคกินได้ สุขภาพโคทั่วไป ปัญหาสุขภาพโค จะต้องมีเก็บข้อมูล นำตารางเปรียบเทียบทางสถิติต่างๆ ของฟาร์ม หรือไม่ก็ต้องมีโปรแกรมจัดการฟาร์มโคนมช่วยในการเก็บข้อมูล ข้อมูลทางสถิติต่างๆ ที่ได้จะบอกให้ทราบว่า มีสถานการณ์ต่างๆ เกิดขึ้น จะช่วยให้เราแก้ไขได้ทันที่

2.4.4.12 ความสัมพันธ์ของคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายกับการให้อาหาร

การจัดจ่ายอาหาร เป็นการให้อาหารในสภาพปกติทั่วไป โคนมมีลักษณะความสมบูรณ์เท่ากันในกลุ่ม การจ่ายอาหารจึงเป็นไปตามปกติ แต่บ่อยครั้งในฟาร์มที่จะมีโคหลายตัวที่ปรับตัวไม่ได้ในการกินอาหาร หรืออาจมีสาเหตุอื่นร่วมทำให้โคสูญเสียน้ำหนัก ผอมลงให้ผลผลิตนมต่ำ หรือในทางตรงข้ามอาจมีโคหลายตัวที่กินอาหารจนเกินความต้องการทำให้อ้วน การแก้ปัญหาคือในโคเหล่านี้ ประการแรกคือจัดกลุ่มโคใหม่ จัดโคที่ผอมกว่ามาตรฐานออกมายุ่งกลุ่มหนึ่ง หรือโคที่อ้วนเกินมาตรฐานออกมายุ่งอีกกลุ่มหนึ่ง จากนั้นจึงมาพิจารณาระดับคะแนนความสมบูรณ์ของร่างกายกับการปรับเพิ่มหรือลดระดับพลังงานในอาหารที่จะให้โค ซึ่งเราสามารถคำนวณได้ ทำให้ผู้เลี้ยงสามารถจัดการเลี้ยงโคได้โดยมีคะแนนร่างกายสมบูรณ์ใกล้เคียงกันอยู่ตลอดเวลา

2.4.5 การเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อ

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

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

2. การเลี้ยงแบบขุนบนแปลงหญ้า (High-roughage ration) การเลี้ยงแบบนี้จะขี้เลี้ยงปล่อยให้โคเจริญเติบโตบนแปลงหญ้า หรือกินอาหารหยาบเป็นหลัก จนกว่าจะได้น้ำหนักตามเกณฑ์ น้ำหนักที่ส่งตลาดจะมากกว่าอยู่ที่ 500-600 กก./ตัว จะเห็นได้ว่าการเลี้ยงโคนมเพื่อผลิตเนื้อหลักใหญ่จะหมายถึง โคนเพศผู้ที่นำมาเลี้ยงขุนด้วยอาหารชั้นหรืออาหารหยาบ จนได้น้ำหนักส่งตลาด การเลี้ยงทุกประการจะใช้หลักเดียวกับการเลี้ยงโคเนื้อ แต่โคนมผลิตเนื้ออาจครอบคลุมถึงการนำโคคัดทิ้ง โคนสาวหรือลูกโคคัดทิ้งมาใช้ในการขุนเพื่อการผลิตเนื้อได้ โคนมที่นำออกเลี้ยงเพื่อการผลิตเนื้อ มักถูกคัดทิ้งเนื่องจากสาเหตุให้ผลผลิตน้ำนมต่ำ เต้านมอักเสบ มีปัญหาระบบสืบพันธุ์ หรือมีความผิดปกติทางด้านร่างกาย ที่เกี่ยวข้องกับน้ำนม และด้วยราคาของโคเนื้อ จะขึ้นอยู่กับขนาดของร่างกายและน้ำหนัก ดังนั้นการขุนโคเหล่านี้จึงไม่พิถีพิถัน เพราะคุณภาพเนื้อของโคเหล่านี้ จะอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการของตลาดต้องการอยู่แล้ว และถ้าเป็นตลาดที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ก็จะไม่มีปัญหาแต่อย่างใด โคนไฮสไตน์เพศผู้สามารถนำมาใช้ผลิตเนื้อได้ดี โคนเจริญเติบโตเร็วมีความสามารถในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงให้ผลผลิตเนื้อคุณภาพดี เทียบได้กับคุณภาพจากโคเนื้อ ในสภาพการเลี้ยงแบบเดียวกัน และโคไฮสไตน์ โคบราวสวิท จะเจริญเติบโตได้เร็วกว่าโคพันธุ์เล็ก เช่น เจอร์ซี่ เกอร์ซี่ ในการใช้สูตรอาหารเดียวกันเลี้ยงโคนมกับโคเนื้อ พบว่า เนื่องจากโคนมจะมีไขมันน้อยกว่าเนื้อจากโคเนื้อ ดังนั้นการผลิตเนื้อจากโคนมเพศผู้จึงมีโอกาสที่จะแข่งขันกับโคเนื้อได้ดี ในสถานการณ์ที่ผู้บริโภคต้องการกินเนื้อที่มีไขมันน้อยกว่า

2.4.5.1 การให้อาหารโคเพื่อผลิตเนื้อ

การเลี้ยงโคแบบนี้คือ “ต้องเลี้ยงโคให้โตเร็วที่สุดภายใต้กำไรสูงสุดต่อกิโลกรัมของเนื้อ” ดังนั้นการเลี้ยงให้โคอ้วน ตั้งแต่โคเล็ก โครุ่นหรือโคโต จึงไม่เป็นปัญหาต่อการผลิต หรือโปรแกรมการผลิต เพียงแต่ผู้เลี้ยงต้องดูสภาวะราคาเนื้อของตลาดและวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับตลาด รูปแบบการเลี้ยง ในช่วงแรกเกิด - 3 เดือนแรก จะเหมือนกับการเลี้ยงลูกโคทั่วไป และในระยะ 3 เดือนขึ้นไป ลูกโคยังเลี้ยงด้วยอาหารชั้น

อยู่ แต่ผู้เลี้ยงต้องเริ่มตรวจดูราคาของอาหารชั้นกับอาหารหยาบ เมื่อเทียบกับหน่วยการเจริญเติบโต หากราคาอาหารชั้นถูกกว่าก็พิจารณาเลี้ยงด้วยอาหารชั้น หากอาหารชั้นราคาแพงก็เลี้ยงแบบจำกัดปริมาณอาหารชั้น ปริมาณโภชนะที่ความต้องการสำหรับดำรงชีพและเพิ่มน้ำหนักตัวในโคเนื้อจะต้องการไม่มาก เพราะโคสามารถใช้อาหารจากแหล่งอาหารหยาบ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และโคใช้อาหารเพื่อการดำรงชีพและเพิ่มน้ำหนักตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ถ้าผู้เลี้ยงต้องการใช้เวลาการเลี้ยงสั้นก็ต้องพึ่งอาหารชั้นเป็นแหล่งพลังงานในการขุน แต่ถ้าไม่มีปัญหาเรื่องเวลา ก็ปล่อยให้โคใช้แหล่งพลังงานจากอาหารหยาบเป็นหลัก และเสริมด้วยอาหารชั้น และตามปกติถ้าขุนโคจากแหล่งอาหารหยาบ โคจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยกว่าโคที่ขุนด้วยอาหารชั้น

2.4.5.2 ประสิทธิภาพการขุน

ประสิทธิภาพของการเจริญเติบโตจะสัมพันธ์กับอายุของโค โคเล็กจะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อได้สูงกว่าโคโต ในโคโตปัจจัยร่วมของการเพิ่มน้ำหนักตัวมี 2 แบบคือ 1) การเพิ่มน้ำหนักตัวของโคขุนคือการเพิ่มขึ้นของไขมันแทรก และ 2) ไขมันให้พลังงานมากกว่าโภชนะตัวอื่นๆ ดังนั้นจึงต้องการ โภชนะจากอาหารเป็นจำนวนมาก เพื่อเปลี่ยนเป็นไขมันแทรก จึงทำให้ อัตราการเปลี่ยนอาหารไปเป็นเนื้อมากขึ้น

2.4.5.3 อนาคตของโคนมเนื้อ

เมื่อผู้บริโภคเริ่มหันมากินเนื้อที่มีคุณภาพมากขึ้น และราคาของเนื้อขายกันตามเกรดของคุณภาพซาก จะทำให้อนาคตของโคนมมีโอกาสนำมาใช้เพื่อการขุนเป็นโคเนื้อได้มาก เพราะเทคโนโลยีของการขุนหรือพันธุ์ของโคนม ไม่ใช่ปัญหาหลักในเรื่องคุณภาพซาก เพราะจะเป็นแรงจูงใจให้วงการโคขุนเจริญก้าวหน้าไปได้ รวมถึงการบริโภคเนื้อในรูปแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป จะช่วยกระตุ้นให้อุตสาหกรรมโคก้าวหน้า เพราะโรงงานต้องการ โคที่มีคุณภาพสม่ำเสมอเข้าโรงงานนั่นเอง

2.5 คุณสมบัติทั่วไปของฟางข้าว

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไป

1. เป็นผลพลอยได้จาก การปลูกข้าว มีมากหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโค-กระบือในช่วงแล้ง
2. มีคุณค่าทางอาหารต่ำ มีโปรตีน เยื่อใย และค่าโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ประมาณ 2.76%, 36.17% และ 45% ของวัตถุดิบแห้งตามลำดับ
3. อัตราการย่อยได้ต่ำ ทำให้ฟางอยู่ในกระเพาะนาน สัตว์จึงได้รับ โภชนะต่าง ๆ น้อย ถ้าให้สัตว์กินฟางอย่างเตียนาน ๆ จะทำให้น้ำหนักตัวลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ข้อจำกัดและข้อแนะนำการใช้

1. ฟางใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง และควรใช้ร่วมกับอาหารข้น หรือเสริมด้วยไบฟิซตระกูลถั่วโปรตีนสูง

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 เพื่อให้เกิดแหล่งพลังงาน ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ และควรมีน้ำสะอาดให้โค-กระบือกินตลอดเวลา

2.5.3 การทำฟางปรุงแต่ง

ในฤดูแล้งปัญหาที่เกษตรกรมักพบเป็นประจำทุกปีก็คือ การขาดแคลนหญ้าสดสำหรับเลี้ยงโคนม แต่ก็ยังพอจะหาสิ่งอื่นมาทดแทนได้ สิ่งนั้นก็คือน้ำฟางข้าว ซึ่งเป็นของเหลือใช้ทางการเกษตร หาง่าย และมีราคาค่อนข้างถูก แต่มีข้อเสียคือมีคุณค่าทางอาหารต่ำ คือมีโปรตีนต่ำ และย่อยยาก โดยจะสังเกตได้จากโคและกระบือทั่วไปมีลักษณะผอมไม่สมบูรณ์ในฤดูแล้ง ดังนั้นถ้าทำให้ฟางข้าวมีโปรตีนเพิ่มขึ้น และสามารถย่อยได้ง่ายขึ้น ก็จะมีประโยชน์ต่อการเลี้ยงโคนมเป็นอย่างมาก การปรุงแต่งฟางข้าวด้วยปุ๋ยยูเรียไม่เพียงแต่จะช่วยให้ย่อยง่ายขึ้น ยูเรียที่ใส่เข้าไปยังสลายตัวให้โปรตีนเพิ่มขึ้นจากฟางธรรมชาติอีกประมาณ 4-5% แต่ขบวนการปรุงแต่งฟางข้าวไม่ใช่การหมัก เช่นกรณีของหญ้าหมัก ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องอาศัยจุลินทรีย์ชนิดใดทั้งสิ้น การเติมสารเร่งการหมัก เช่นกากน้ำตาล รำมีกเส้น หรือการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิด เช่นเกลือแกงจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อการปรุงแต่ง จึงไม่จำเป็นต้องใส่ให้สิ้นเปลือง นอกจากนี้ยังไม่จำเป็นต้องหั่นฟางย่อย อด หรือหาวสดหนักรๆ มาทับ และไม่จำเป็นต้องทำในร่มหรือสร้างหลังคา กันฝน เพียงแต่ใช้มัดฟางคลุมด้านบน หรืออาจใช้วัสดุอื่นๆ เช่น เตินท์ กระสอบเก่า หรือใบตาลคลุมก็ได้

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

การทำฟางปรุงแต่งโดยใช้บ่อซีเมนต์ ขนาดบ่อซีเมนต์จะขึ้นอยู่กับจำนวนโคของเกษตรกรและความต้องการ หากต้องการทำฟางปรุงแต่งคราวละมากๆ ก็สร้างบ่อให้มีขนาดใหญ่ หรือสร้างขนาดเล็กแต่มีหลายบ่อ เพื่อให้ง่ายต่อการเปิดใช้ และได้ทดลองแล้วว่าสามารถทำฟางปรุงแต่งได้ผล เป็นบ่อขนาดเล็ก สร้างด้วยอิฐบล็อกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ฉาบด้วยปูนผสมทราย เพื่อป้องกันการรั่วซึม และไม่ให้สัมผัสดินด้านบน คลุมด้วยพลาสติกใส ขนาดของบ่อมีความจุ

ประมาณ 3.42 ลูกบาศก์เมตร หรือจุฟางได้ประมาณ 16 ฟ่อน (320 กก.) กว้างประมาณ 1 เมตร 75 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อกจาก 4 ก้อน ยาวประมาณ 2 เมตร 30 เซนติเมตร หรือใช้อิฐบล็อกจาก 5 ก้อน ครั้งและสูงประมาณ 85 เซนติเมตร หรืออิฐประมาณ 4 ก้อน ค่าใช้จ่ายในการทำบ่อซีเมนต์โดยใช้อิฐบล็อกจากนี้จะเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก โดยเฉพาะเรื่องค่าแรง หากลงมือทำเอง โดยเฉลี่ยแล้ว จะใช้วัสดุดังต่อไปนี้ 1. อิฐบล็อกจาก 76 ก้อนๆ ละ 2.50 บาท เป็นเงิน 190 บาท 2. ทราฮายบประมาณ 0.5 คิวๆ ละ 150 บาท เป็นเงิน 75 บาท และ 3. 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 ใช้ได้เมื่อกองแรกหมดพอดี 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 การทำกองสูงมาก ๆ แอมโมเนียที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรียจะกระจายไม่ทั่วกองและอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติ และยากต่อการนำไปใช้

อัตราของฟางต่อน้ำต่อยูเรีย ฟาง: น้ำ: ยูเรีย = 100:100:6

อุปกรณ์ที่ใช้ในการปรุงแต่งฟางข้าว

- 1) ตาชั่ง
- 2) บัวรดน้ำ
- 3) แผ่นพลาสติกใสบาง (พลาสติกในราคาถูกชนิดที่ใช้ทำหีดฟาง)
- 4) ฟางข้าวไม่ขึ้นรา ในที่นี้จะใช้ฟางอัดฟ่อนเพราะสะดวกในการทำและการนำไปใช้

จำนวน 16 ฟ่อน (โดยประมาณ ฟาง 1 ฟ่อน น้ำหนักประมาณ 20 กก. ฟาง 16 ฟ่อน น้ำหนักประมาณ 320 กก.)

- 5) ยูเรียประมาณ 20 กก.
- 6) น้ำประมาณ 320 กก.
- 7) กระจกหรือวัสดุอื่นสำหรับคลุมชั้นบนสุดเพื่อไม่ให้ฟางปรุงแต่งสัมผัสแดดโดยตรง

วิธีทำฟางปรุงแต่ง

แบ่งฟาง ยูเรีย และน้ำ ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน คือ ฟางส่วนละ 8 ฟ่อน น้ำ 160 กก. และ ยูเรีย 10 กก. เรียงฟาง 8 ฟ่อนแรกลงไปใบบ่อก่อน โดยวางตั้งฟ่อนฟางขึ้น แกะลวดหรือเชือกที่มัดฟางออก(ไม่จำเป็นต้องกระจายฟาง) รดน้ำเปล่าที่ไม่ได้ผสมยูเรียประมาณ 60 กก. ให้ทั่ว จากนั้นละลายยูเรีย 10 กก. กับน้ำ 100 กก. นำไปรดฟางที่อยู่ในบ่อให้ทั่ว การทำเช่นนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูงาน ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วยให้ยูเรีย กระจายไป ตามเส้นฟางอย่างทั่วถึง ส่วนฟางที่เหลือก็ทำในลักษณะเดียวกัน โดยวางซ้อนขึ้นไปด้านบนได้เลย เรียงฟางเต็มบ่อแล้ว ใช้พลาสติกใสคลุมด้านบน โดยวางพลาสติกให้ล้อมกันและเหนือชายลงไปด้านข้างในบ่อให้เรียบร้อยเพื่อป้องกันการรั่วซึมของแอมโมเนีย คลุมด้วยกระสอบเพื่อไม่ให้กองฟางสัมผัสแดดโดยตรง ใช้ดินหรือวัสดุหนักๆ วางทับบนกระสอบไม่ให้ลมพัดกระสอบปลิว

การนำมาใช้ การปรุงแต่งคุณภาพฟางข้าวจะใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ จึงจะเริ่มเปิดมาใช้ได้ การเปิดกองก่อนกำหนดจะทำให้การปรุงแต่งไม่สมบูรณ์ วิธีการเปิดกองมาใช้จะเปิดจากทางด้านกว้างของบ่อ โดยนำวัสดุคลุมออกและเปิดพลาสติกพับตามขวาง นำฟางปรุงแต่งฟ่อนที่ติดอยู่ริมสุดทั้งชั้นบนและล่างออกมาใช้ก่อนตามปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน แล้วปิดพลาสติกและวัสดุคลุมตามเดิม ทำเช่นนี้ทุกวันจนกระทั่งหมดกองจึงเริ่มเปิดกองใหม่ต่อไป ฟางที่ปรุงแต่งคุณภาพแล้ว เมื่อนำออกมาจากกองจะมีกลิ่นแอมโมเนียแรงมาก ซึ่งมีความน่ากินต่อโคน้อย จึงจำเป็นต้อง นำมาฝังในร่มให้หมดกลิ่นเสียก่อน โดยใช้เวลาประมาณ 2 - 3 ชั่วโมง ในตอนกลางวัน หรืออาจจะเปิดบ่อในตอนค่ำและฝังฟางไว้ตลอดคืน รุ่งเช้าสามารถนำมาเลี้ยงโคได้เมื่อเปิดกองแล้วให้กินให้หมดภายใน 3 - 4 สัปดาห์

ประโยชน์ของการเลี้ยงโคด้วยฟางปรุงแต่ง

1. ฟางที่ปรุงแต่งจะมีความน่ากินต่อโคเทียบเท่าอาหารหยาบอย่างดี เช่น หญ้าแห้ง หญ้าสด หญ้าหมัก เพราะย่อยง่ายและรสชาติดี
2. ฟางที่ปรุงแต่งแล้วจะมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ เพิ่มขึ้นอีก 2.2 - 2.5 เท่า การย่อยได้เพิ่มขึ้น 8% และมีคุณค่าทางอาหารทัดเทียมหญ้าแห้ง
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 หรือใบกระถินสด วันละประมาณ 5 กก. หรือให้กินวิตามินเอและอีประมาณวันละ 1 ซ้อนชาต่อตัว หรืออาจจะฉีดวิตามินเอ ดีและอี ให้ในอัตรา 5 ซีซี. ต่อตัวต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ต้องมีน้ำให้โคกินตลอดเวลา การขาดน้ำจะทำให้โคกินฟางปรุงแต่งลดลง
ข้อควรระวัง

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

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบโภชนะทางเคมีของฟางชนิดต่างๆ

โภชนะ	ฟางธรรมดา	ฟางหมักยูเรีย		ฟางราดสารละลายยูเรีย - ภาคน้ำตาล
		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

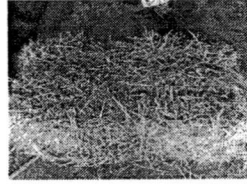
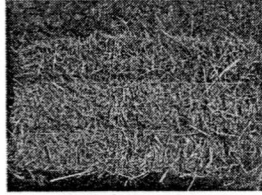
2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าว

คุณสมบัติทางกายภาพของฟางข้าวที่ศึกษาได้แก่ ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ ความชื้นของฟางข้าว แรงที่ใช้ในการดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน แรงที่ใช้ดึงแยกฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ



ภาพที่ 2.4 ฟางข้าวหลังจากการเก็บเกี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.5 มิติด้านบนและด้านข้างของฟ่อนฟาง

2.6.1.1 ลักษณะทั่วไปของฟ่อนฟางข้าว

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

2.6.1.2 มุมเสียดทานของฟ่อนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

วิธีการทดลอง:

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

2.6.1.3 ความชื้นของฟางข้าว

วิธีการทดลอง :

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

-ความชื้นมาตรฐานเปียกหรือความชื้นปกติ คำนวณได้จากสูตร

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

และความชื้นมาตรฐานแห้ง คำนวณได้จากสูตร

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

เมื่อ MC_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%)

MC_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

w	คือ	มวลของวัสดุก่อนอบ (g)
d	คือ	มวลของวัสดุแห้งหลังอบ (g)

2.6.2 ผลการทดลองและวิจารณ์

2.6.2.1 มุมเสียดทานของฟอนฟางข้าวบนพื้นผิวโลหะเรียบ

จากการทดลอง 5 ครั้ง มุมเสียดทานของฟอนฟางบนผิวโลหะเรียบมีค่าน้อยที่สุด และค่าเฉลี่ย 19.06° และ 20° กับแนวราบตามลำดับ

2.6.2.2 ความชื้นของฟางข้าว

จากการทดลอง 5 ครั้ง ความชื้นมาตรฐานเปียก และ ความชื้นมาตรฐานแห้งของฟางข้าว มีค่าโดยเฉลี่ย 8.96 % และ 9.84% ตามลำดับ

2.6.2.3 การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟอน และการดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟอน

พฤติกรรมแรงและการเปลี่ยนรูป (ระยะดึง) ของการดึงแยกฟางออกจากฟอน และการดึงแยกฟางในชั้นของฟอน

ค่าที่ได้จากการดึงแยกฟางข้าว พบว่าการดึงแยกฟางข้าวในชั้นของฟอนใช้แรงดึง (29.69 kg) มากกว่าการดึงแยกฟางข้าวออกจากฟอน (16.50 kg) ทั้งนี้เพราะการอัดตัวแน่นมากกว่าฟางทั้งฟอน การดึงแยกฟางในชั้นของฟอนจึงยากกว่าการดึงแยกฟางออกจากฟอน

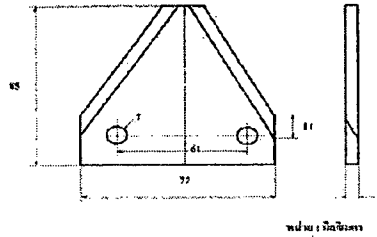
2.7 ทฤษฎีที่จะนำมาออกแบบใบมีดที่ใช้สับวัสดุ

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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 Cutter bar

2.7.3 ช่องว่างระหว่างใบมีดกับแท่นการตัด (Blade clearance with shear bar)

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

2.8 การศึกษาใบมีดหัววัสดุเกษตร

จากการสำรวจการใช้เครื่องหันเศษต้นพืชลำต้นอ่อน พบว่า มีการใช้เครื่องจักรกลสำหรับหันต้นข้าวโพด หญ้าเลี้ยงสัตว์ และฟาง อยู่ 4 แบบ ซึ่งหลักการการทำงานจะคล้ายคลึงกัน คือ กลไกสำคัญจะประกอบด้วย 2 ระบบ คือ ระบบหันตัด และ ระบบป้อน ส่วนรูปแบบ ตลอดจนประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละแบบจะแตกต่างกันไป ซึ่งสรุปได้ดังนี้

2.8.1 ใบมีดชนิดจานกลม (flywheel type)

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

2.8.2 ใบมีดชนิดทรงกระบอก (cylinder type)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรขนาดใหญ่ได้ (ขึ้นอยู่กับกรอกแบบ)

ข้อเสีย

เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยจะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุนลักษณะหัวสับ (cutter head) โดยทั่วไปเป็นคั้งนี้การติดตั้งใบมีดหรือรูปร่างของใบมีดจะทำให้การตัดเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นลำดับจากมุมใดมุมหนึ่งของใบมีดไปยังด้านตรงข้าม ทั้งนี้เพื่อลดแรงบิดที่ต้องใช้ ใบมีดสามารถถอดออกได้เพื่อเพิ่มความยาวในการสับ แต่ใบมีดที่เหลือจะต้องมีระยะห่างเท่าๆกัน เพื่อให้เกิดความสมดุลของใบสับ



ภาพที่ 2.7 ใบสับ (cutterhead) (ก) หัวสับชนิดจานกลม (flywheel type),
(ข) หัวสับชนิดทรงกระบอก (cylinder type)

2.8.3 ชุดใบมีดหันวัสดุเมื่อหมุน (Rotating Beater)

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

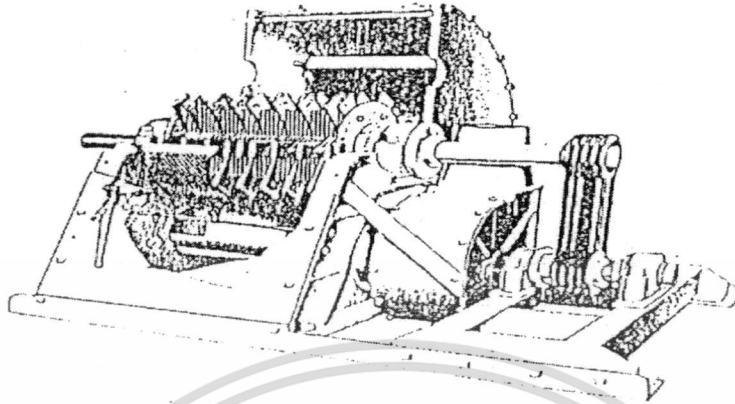
ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว ความเสียหายเมื่อสิ่งแปลกปลอมเข้าไปในเครื่องไม่มาก ผลผลิตไม่เสียหายเพราะเกิดอุณหภูมิไม่สูงมากนัก เนื่องจากใบมีดที่หมุนจะมีลักษณะคล้ายพัดลมคอยเป่าลม

ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

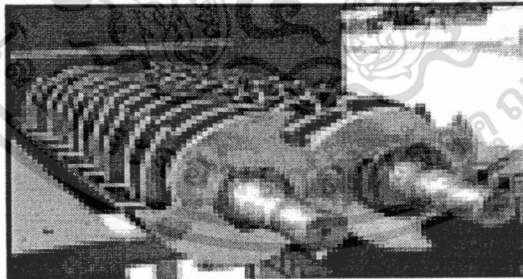
ผลผลิตที่ได้มีขนาดไม่ค่อนสม่ำเสมอ ต้องการกำลังขับสูง เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใยยาว จะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน



ภาพที่ 2.8 แฮมเมอร์มิล (Open view of Hammer Mill)

2.8.4 ชุดใบมีดย่อยวัสดุประเภทแรงเดือน

การออกแบบใบมีดเครื่องย่อยวัสดุของ บริษัท Shredding Systems ประเทศ แคนาดา (<http://www.shred-tech.com/index.html>) เป็นเครื่องย่อยที่ใบมีดลักษณะเป็นวงสองวงขบกัน โดยใบมีดจะร้อยเป็นชุดใบมีดอยู่บนเพลาดียวกัน แบ่งเป็นชุดใบมีด 2 ชุด ดังภาพที่ 2.8 ขณะใช้งานชุดมีดทั้งสองจะหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยใช้กำลังขับมอเตอร์ 30HP จำนวนสองตัวขับแยกกันขับเคลื่อนที่ชุดทั้งสองชุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบมีด 625 mm และความยาวของชุดใบมีด 1270 mm สามารถย่อยวัสดุได้หลายชนิด ซึ่งได้แก่ ไม้ กระดาษ ยางรถยนต์เป็นต้น โดยความเร็วที่ใช้คือ 110-120 รอบ/นาที



ภาพที่ 2.9 ชุดใบมีดเครื่องย่อย

2.8.5 เครื่องย่อยปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีχυมะพร้าว

การออกแบบเครื่องย่อย ปุ๋ยพืชสด, ปุ๋ยหมัก, ตีχυมะพร้าว ของ บริษัท ทูอี แอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด เป็นเครื่องย่อยที่มีลักษณะการทำงานเป็น Hammer Mills ที่ด้านบนของตัวเครื่องและ Chipper ที่ด้านข้างของตัวเครื่อง ซึ่งหลักการทำงาน Chipper คล้ายเครื่องย่อยประเภท หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) แต่มีความต่างกันคือแบบ Chipper จะมีใบมีดเพียงหนึ่งหรือสองใบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

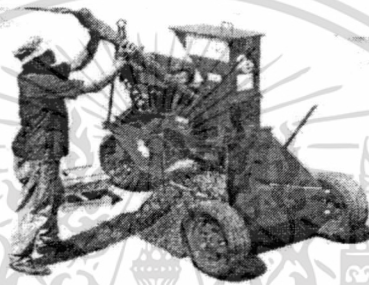
แล้วแต่การออกแบบ โดยความสามารถของเครื่องย่อย คือ สามารถย่อยวัสดุทางการเกษตรตั้งแต่ หญ้าขน จนถึงไม้โตสด 4 นิ้ว นอกจากนี้ยังสามารถย่อยติชยมะพร้าวได้และแยกเส้นใยมะพร้าว ออกจากกันในเครื่องเดียวกัน ขนาดชิ้นงานสามารถปรับขนาดได้โดยการเปลี่ยนตะแกรงที่ชุด Hammer Mills ความสามารถในการย่อย 300-400 kg/hr

ข้อดี

ใช้งานง่าย สะดวก คล่องตัว สามารถใช้งานได้หลายประเภทในเครื่องเดียวกัน

ข้อเสีย

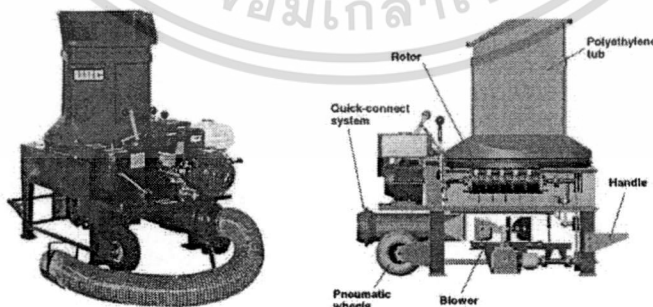
เมื่อย่อยวัสดุประเภทเส้นใย จะติดขัดเพราะเส้นใยพันแกนหมุน ไม่เหมาะกับพีชน้ำหรือน้ำน้ำ ไม่เหมาะกับการย่อยกิ่งไม้ทั้งกิ่งที่มีใบติดอยู่



ภาพที่ 2.10 เครื่องย่อยปุยพีชสด, ปุยหมัก, ติชยมะพร้าว

2.9 การศึกษาเครื่องหันฟางในต่างประเทศ

ผลิตโดย Greenheyes fram ใช้สำหรับหันฟางและพ่นออกไปปูพื้นคอกสัตว์เพื่อให้แห้ง และสะอาด ตัวเครื่องติดตั้งอยู่หลังแทรกเตอร์เพื่อความสะดวกในการเข้าทำงานในพื้นที่ ใช้ต้นกำลังจากเพลลา PTO สามารถหันฟางได้ทีละ 1 ฟ่อน เพื่อความสะดวกในการทำงานจึงออกแบบให้มีส่วนบรรทุกฟางฟ่อนที่ส่วนท้ายของเครื่องโดยสามารถบรรทุกได้ 4 ฟ่อน ในระหว่างการทำงาน เครื่องจะถูกยกให้พ้นจากพื้นโดยระบบไฮดรอลิกของแทรกเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.11



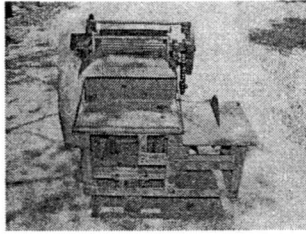
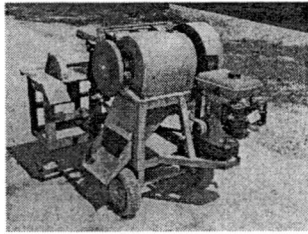
ภาพที่ 2.11 เครื่องหันฟาง

2.10 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อ่อนประเภทประสงค์

ผศ.ภรต กุญชร ณ อยุธยา และศักดิ์ จันทร์ทอง ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

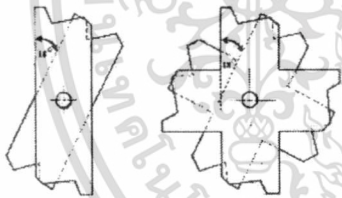


ภาพที่ 2.12 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์อ่อนประเภทประสงค์

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องสับพืชอาหารสัตว์อ่อนประเภทประสงค์

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

2.10.2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม



ภาพที่ 2.13 ลักษณะ โครงเหล็กแผ่นยึดใบมีดตัด

ภาพที่ 2.14 เครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

ตารางที่ 2.6 คุณลักษณะสำคัญของเครื่องต้นแบบที่พัฒนาเครื่องหั่นย่อยทางปาล์ม

ขนาด (มม.)	1760 x 1550 x 1650 (กว้าง x ยาว x สูง)
น้ำหนัก (กก.)	ประมาณ 40 กก. (ไม่รวมเครื่องยนต์)
เครื่องยนต์ต้นกำลัง (แรงม้า)	เครื่องยนต์ดีเซลขนาดไม่ต่ำกว่า 10 แรงม้า ที่ 2400 รอบต่อนาที
ระบบถ่ายทอดกำลัง	สายพานกับพูลเลย์ และ ระบบเฟืองเกียร์
ลักษณะชุดใบมีด	แบบเปิด 4 ใบมีด ทำจากเหล็กกล้าคุณภาพสูง โดยมีความยาวแนวคมใบมีด 460 มม. มุมคม 30 องศา ยึดติดกับแผ่นเหล็กลักษณะที่ไขว้ทำมุมกัน 18 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัด	ใบมีดสามารถปรับตำแหน่งเมื่อโครงชุดใบมีดหมุนจะมีลักษณะเป็นทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 มม. คมใบมีดตัดทำมุมเอียง 12 องศา กับแนวคมใบมีดรับ เผลาใบมีดตัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50.8 มม น้ำหนักไม่รวมพู่ลัดและลูกปืนรองสิ้นประมาณ 110 กิโลกรัม
ลักษณะใบมีดรับ	แอนโค้งเข้าหาแนวกึ่งกลางยาว 380 มม. ผิวคมด้านบนหนาทำมุม 10 องศา กับระนาบแนวราบ โดยมีมุมหลบ 10 องศา กับแนวตั้ง ทำให้มุมคมใบมีดรับเท่ากับ 70 องศา
ชุดระบบลูกกลิ้ง ป้อน	มีลักษณะทรงกระบอกยาว 380 มม. 2 อัน หมุนในทิศทางสวนทางกัน ลูกกลิ้งอันบนมีลักษณะเป็นสันครึ่งเหลี่ยมหนา 11 มม. สูง 19 มม. เชื่อมรอบเพลากลมจำนวน 8 ครีบก มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขอบนอก 90 มม. ลูกกลิ้งอันล่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผิวขอบด้านนอก 90 มม. ยาว 380 มม. บริเวณกึ่งกลางยาว 70 มม. กลิ้งลดเป็นแอ่ง ท้องแอ่งเป็นระนาบแนวตรงเส้นผ่าศูนย์กลาง 66 มม. ยาว 10 มม. ด้านข้างที่ต่อจากท้องแอ่งเป็นระนาบเอียงลาด ยาว 5 มม. และ 25 มม. ตามลำดับ ส่วนบริเวณขอบของลูกกลิ้งอันล่างที่เป็นระนาบแนวตรง พิมพ์ลายตรงและเขาจะร่องรูปสามเหลี่ยมกว้าง 3 มม. ลึก 3 มม. จำนวน 16 ร่อง ระยะห่างเท่าๆ กัน บริเวณท้องแอ่งที่เป็นระนาบตรงก็พิมพ์ลายกันลื่นด้วย ลูกกลิ้งอันบนสามารถเคลื่อนตัวเพื่อควบคุมและปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งทั้งสอง โดยการยึดรั้งด้วยสปริงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางเส้นลวด 3 มม. ยาว 34 มม. และมีคันโยกแกนแขนยึดแกนเพลาลูกกลิ้งอันบน เพื่อช่วยยกลูกกลิ้งอันบนในช่วงตอนเริ่มป้อน โคนทางปาล์มเข้าเครื่อง
ช่องทางออกของ เศษวัสดุที่หั่นย่อย แล้ว	มีลิ้นปรับระยะและทิศทางการกระจายของเศษวัสดุ
ระบบการ เคลื่อนย้าย	มีล้อ 4 ล้อ พร้อมคันลากจูง โดยล้อคู่หน้าหมุนปรับทิศทางการเคลื่อนที่ได้
อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	1,500 - 2,500 (ขึ้นอยู่กับขนาดและสภาพของทางปาล์ม)
ขอบเขตการใช้งาน	สามารถใช้กับทางปาล์มน้ำมันทุกขนาดและทุกสภาพ

2.10.3 เครื่องหั่นฟาง

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร กรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.15 เครื่องหั่นฟาง

ข้อมูลจำเพาะของเครื่องหั่นฟาง

ชุดใบมีดหั่น

- ใบมีดเหล็กแข็งคุณภาพดี ติดตั้งเฉียงจากแนวระนาบประมาณ 12 องศา 2 ใบ ความเร็วรอบ 800-1,000 รอบต่อนาที
- ใบมีดรับติดตั้งอยู่กับ โครงเครื่องในแนวระนาบ 1 ใบ (ไม่มีล้อช่วยแรง)
- ชุดป้อนวัสดุขับเคลื่อน
- ลูกกลิ้ง 2 ลูก หมุนสวนทางด้วยความเร็วรอบเท่ากัน ปรับระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตาม ปริมาณของการป้อนวัสดุได้ โดยการควบคุมบังคับด้วยสปริง

ระบบถ่ายทอดกำลัง

- สายพานกับพูลเลย์และระบบเฟืองเกียร์
- 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

2.11 การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงพลังงานมวลชีวภาพ

พลังงานมวลชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

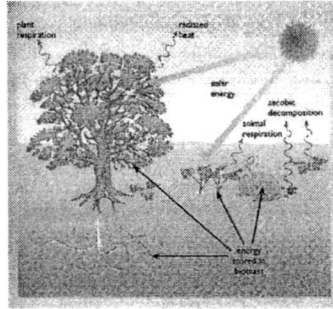
พลังงานมวลชีวภาพเป็นพลังงานที่มีการหมุนเวียนโดยธรรมชาติอีกแหล่งหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจมานานจากทั่วทุกมุมโลก เพราะเป็นการใช้แหล่งพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติทดแทนพลังงานจากซากดึกดำบรรพ์ทั้งในรูปของเชื้อเพลิงและพลังงานความร้อน โดยการนำเอาเศษวัสดุทางการเกษตร พืช หรือมูลสัตว์ต่างๆ มาใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงาน ทำให้มีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างต่ำและเป็นการเปลี่ยนวิธีกำจัดเศษวัสดุที่เหลือจากการเกษตร โดยการนำมาหมุนเวียนใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้แหล่งพลังงานมวลชีวภาพยังถือว่าเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถใช้ได้โดยไม่มีวันหมดถ้านุรักษ์สามารถรักษาสสมดุลระหว่างการนำมาใช้และการสร้างคืนให้แก่ธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการนำเอาแหล่งมวลชีวภาพต่างๆ มาใช้ประโยชน์ ก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียเหมือนกันกับแหล่งพลังงานจากหลายๆ แหล่ง ดังนั้นการศึกษาวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อใช้ในการเปลี่ยนแหล่งมวลชีวภาพให้เป็นพลังงานตามที่มนุษย์ต้องการจึงไม่มีวันจบสิ้น

2.11.1 ความหมายของพลังงานมวลชีวภาพ

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



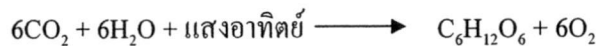
ภาพที่ 2.16 แสดงรูปแบบการสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปของมวลชีวภาพ
ที่มา (Boyle. 2004 : 107)

2.11.2 พลังงานจากการสังเคราะห์แสง

การสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ในพืชต่าง ๆ นั้น เกิดจากการที่พืชต้องใช้แสงอาทิตย์ในการสร้างอาหาร โดยการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นในพืช จะมีลักษณะคล้ายกับปฏิกิริยาในการเผาไหม้คือ ต้องใช้ออกซิเจนและจะได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำออกมา แต่ในกรณีนี้จะพิเศษกว่าเพราะปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์แสงจะไม่มีวันหยุด ตราบเท่าที่ยังมีแสงอาทิตย์ พลังงานจากแสงอาทิตย์จะทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาแบบครบวงจร คือให้ทั้งเชื้อเพลิงและออกซิเจน ส่วนน้ำกับคาร์บอนไดออกไซด์พืชสามารถดึงเอาจากบริเวณใกล้เคียงมาใช้ ปฏิกิริยาในการสังเคราะห์แสงสามารถเขียนเป็นสมการเคมีทั่วไปได้ดังนี้ (Ristinen & Kaushaar. 1999 : 147-148)

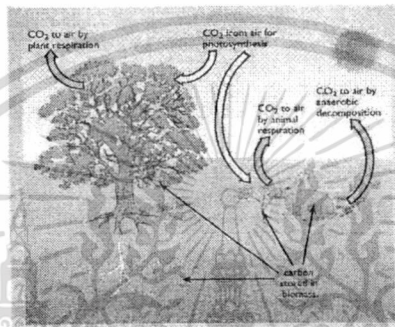


จากปฏิกิริยาพื้นฐานที่เกิดขึ้นนี้พบว่า การได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ในรูปของโมเลกุลพื้นฐานของคาร์โบไฮเดรต (CH_2O) 1 โมล จะต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 112 กิโลแคลอรี (หรือ 470 กิโลจูล) โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสูตรเคมีทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตคือ $\text{C}_x(\text{H}_2\text{O})_y$ เมื่อ x และ y เป็นตัวเลขที่แสดงถึงประเภทต่างๆ ของคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลกลูโคส มีสูตรเคมีเป็น $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ หรือซูโครสมีสูตรเคมีเป็น $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ เป็นต้น ในสมการ แสดงปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงที่ได้ผลิตภัณฑ์เป็นน้ำตาลกลูโคส โดยต้องใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 674 กิโลแคลอรี (2,830 กิโลจูล)



ปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสงในพืชเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหลายขั้นตอน ตามองค์ประกอบของโมเลกุลของน้ำตาลที่อยู่ในปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นซึ่งก็คือ สารสี (pigment) หรือคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) สารสีที่มีอยู่ในพืชมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ ชนิดที่ดูดกลืนแสงในช่วงของแสงสีแดงจากสเปกตรัมของแสง กับ ชนิดที่ดูดกลืนแสงในช่วงของแสงสีน้ำเงินจากสเปกตรัม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแสง ทำให้มองเห็นใบของพืชเป็นสีเขียว ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานของพืชพบว่า พืชมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมีและสะสมอยู่ในตัวเองได้สูงสุดได้ไม่เกินร้อยละ 12.3 เมื่อเทียบปริมาณแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสง จากปริมาณร้อยละ 43 ของแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ส่งมายังโลก (Lewis, 1983 : 54) ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชนิดและแหล่งที่อยู่ของพืช ส่วนปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในธรรมชาติที่เกิดจากกระบวนการธรรมชาติของพืชถือว่าอยู่ในสถานะสมดุลคือ 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 อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเมื่อก้าวถึงการนำพลังงานจากมวลชีวภาพมาใช้จะกล่าวถึงในลักษณะของปริมาณการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งลักษณะการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบนี้เรียกว่า การใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบใหม่ (new biomass) โดยสามารถจำแนกแหล่งพลังงานจากมวลชีวภาพออกเป็น 2 แหล่งหลักๆคือ

2.11.3.1 แหล่งพลังงานที่เป็นพืช

พลังงานจากมวลชีวภาพที่มาจากแหล่งพลังงานที่เป็นพืช (Energy crops) เป็นการนำเอาพืชทั้งประเภทที่มีอยู่ในธรรมชาติและทำการเพาะปลูกขึ้นเอง มาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งพลังงานจากพืชเหล่านี้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.11.3.1.1 ประเภทที่มีลักษณะเป็นไม้ (woody crops) สามารถพบเห็นได้

โดยทั่วไปโดยเฉพาะตามแหล่งป่าไม้ต่างๆ ป่าไม้เป็นแหล่งช่วยลดก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าในช่วงการ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและเผยแพร่ข้อมูลเชิงวิชาการ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตของต้นไม้หนึ่งต้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ช่วยดูดซับจากชั้นบรรยากาศเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงจะมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการนำเอาต้นไม้ต้นนั้นมาทำการเผาไหม้ ดังนั้นการนำเอาต้นไม้จากธรรมชาติหนึ่งต้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะไม่ทำให้ธรรมชาติเสียสมดุลในเรื่องของมลพิษแต่อย่างใด แต่ปัญหาของมลพิษที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศคือมนุษย์มีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น โดยเฉพาะจากซากดึกดำบรรพ์ซึ่งทำให้มีการปล่อยก๊าซพิษต่างๆ ออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยแหล่งพลังงานเหล่านั้นไม่สามารถกำจัดของเสียด้วยตัวของมันเองได้เหมือนต้นไม้ จึงเป็นการปล่อยออกมาแล้วสะสมอยู่ในบรรยากาศ

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันการใช้ไม้ฟืน หรือถ่านเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงในอุตสาหกรรมต่างๆ ถือว่าลดลงไปอย่างมากโดยเฉพาะในกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอาจเป็นเพราะผลกระทบจากมลพิษที่เกิดขึ้นต่อบรรยากาศของโลกในทุกวันนี้ อันเนื่องมาจากปริมาณป่าไม้ของโลกที่เหลือน้อยลงไปทุกที ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดใหม่ในเรื่องของการทำป่าไม้คือ การปลูกพืชที่มีความแข็งแรง คงทนและโตเร็ว ซึ่งไม่ได้มีวัตถุประสงค์โดยตรงในการนำพืชเหล่านี้มาเป็นแหล่งพลังงาน แต่ต้องการนำเอาเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ทั่วไปอย่างอื่น ส่วนเศษไม้ที่เหลือรวมถึงขี้เลื่อยจะถูกนำไปใช้เป็นแหล่งผลิตพลังงานทั้งในรูปของพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแนวคิดนี้จะแตกต่างกับแนวความคิดแบบดั้งเดิมที่ไม่ได้นำเอาเศษส่วนที่เหลือไปใช้ประโยชน์เลย แนวความคิดในการทำป่าไม้แบบใหม่นี้เรียกว่าการปลูกป่าหมุนเวียนช่วงสั้น (short rotation forestry, SRF) นิยมทำกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ โดยในแถบประเทศยุโรปจะใช้พืชที่เป็นไม้ขนาดเล็กในลักษณะของป่าละเมาะหรือป่าเสมซึ่งเรียกว่าการปลูกป่าละเมาะหมุนเวียนช่วงสั้น (short rotation coppice, SRC)

2.11.3.1.2 ประเภทที่มีลักษณะเป็นพืชผลทางการเกษตร (agricultural crops)

ในปัจจุบันมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรจำพวก อ้อย และข้าวโพด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งสิ่งที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจคือการนำเอาศักยภาพที่มีอยู่ในพืชเหล่านี้มาทำเป็น เชื้อเพลิงเหลว (liquid fuels) นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เพื่อใช้เมล็ดไปสกัดเป็นน้ำมันอย่างเช่น ทานตะวัน สนูป่า หรือพืชตระกูลถั่วต่างๆ โดยสามารถเปลี่ยนน้ำมันจากพืชเหล่านี้ไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซล และสามารถนำน้ำมันนี้ไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบได้ และการเก็บเกี่ยวที่สั้นค่าพลังงานของแหล่งมวลชีวภาพจากแหล่งที่เป็นพืชแสดงไว้ในตารางที่ 2.7

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
ขานอ้อย	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 ที่ เหลือ (GJ)	ไฟฟ้าที่ผลิต จากชีวมวลที่ เหลือ (MW)
ขานอ้อย	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

ตารางที่ 2.9 สักยภาพเชิงปริมาณของชีวมวลในการผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้า

ชนิด	ชีวมวล	ปริมาณชีวมวล คงเหลือที่นำมาใช้ ได้ (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	ชัง	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 ชังหรือเปลือกของพืชต่างๆ รวมถึงมูลสัตว์ที่ได้จากการ ปศุสัตว์ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ ของเหลือใช้มีตั้งแต่ระดับในครัวเรือน ระดับชุมชน จนกระทั่งระดับ โรงงาน อุตสาหกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าแหล่งพลังงานเหล่านี้มีมากมาย สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

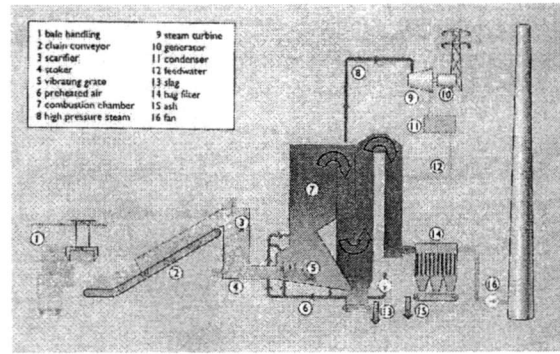
2.11.3.2.1 เศษไม้ (wood residues) เป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพที่อยู่ในรูปของของแข็ง (solid biomass) มีเกิดขึ้นมากมายจากการทำอุตสาหกรรมป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการใช้แต่เนื้อไม้ ส่วนที่เหลือคือใบและกิ่งก้านต่างๆที่ไม่สามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์รวมถึงบรรดาขี้เลื่อย ที่ได้จากการบวนการแปรรูปไม้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทั้งในรูปของพลังงานความร้อน และการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันในประเทศออสเตรเลียมีใช้ประมาณร้อยละ 6 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในสหรัฐอเมริกาใช้เศษไม้เหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้ากว่า 6 จิกะวัตต์

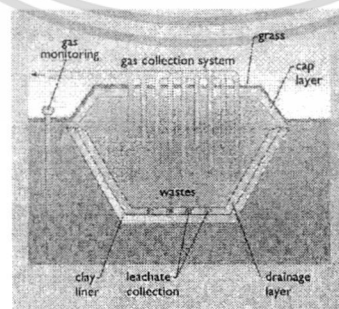
2.11.3.2.2 เศษพืชผลทางการเกษตร (agricultural wastes) เศษวัสดุต่างๆ ที่เกิดจากพืชผลทางการเกษตรจำพวก ฟางข้าวสาลี ข้าวโพด ชานอ้อย และแกลบ เป็นต้น เศษวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ในแต่ละปีรวมกันมีปริมาณนับพันล้านตัน และเมื่อคิดเป็นพลังงานจะได้พลังงานรวม 40 ล้านเทระจูล ในสมัยก่อนฟางจะถูกเผาทิ้งตั้งแต่อยู่ในนาหรือในไร่ ซึ่งก่อให้เกิดให้ปัญหามลพิษเป็นอย่างมาก แต่เมื่อประมาณสิบกว่าปีมานี้ในแถบประเทศยุโรปมีการห้ามเผาฟางในนา จึงทำให้ต้องมีการขนย้ายฟางข้าวมาเก็บไว้ในที่แห้งๆ และเมื่อแห้งแล้วก็จะถูกส่งไปยังแหล่งผลิตไฟฟ้าต่อไป แต่เนื่องจากค่าความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) ของฟางข้าวมีค่า 15 จิกะจูลต่อตัน และฟางข้าว 1 ตันมีปริมาตรถึง 6 ลูกบาศก์เมตร ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการเก็บรักษา จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการอัดฟางให้แน่นเหมือนการอัดกระดาษทำให้มีความหนาแน่นประมาณ 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้และยังช่วยให้การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงสะดวกมากขึ้น สำหรับชานอ้อยซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการบีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเองหรือในกรณีที่สามารถผลิตได้มากจนเหลือใช้ก็สามารถส่งขายผ่านระบบสายส่งได้ ในปัจจุบัน โรงงานน้ำตาลทั่วโลกกำลังผลิตไฟฟ้ารวมกันประมาณ 50 จิกะวัตต์

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



ภาพที่ 2.18 แสดงผังการใช้เศษพืชผลทางการเกษตรเป็นแหล่งพลังงานผลิตไฟฟ้า
ที่มา (Boyle. 2004 : 118)

2.11.3.2.4 ของเหลือใช้จากชุมชน (municipal wastes) หรืออาจเรียกโดยทั่วไปว่าขยะจากชุมชน ผลจากการบริโภคของมนุษย์ทำให้มีการทิ้งสิ่งของที่เหลือกินเหลือใช้ให้อยู่ในสภาพขยะ ค่าเฉลี่ยของการทิ้งขยะในแต่ละครัวเรือนของกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมมีมากกว่า 1 ตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นพลังงานถึง 9 จิกะจูล (Boyle. 2004 : 120) ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นพวกกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะต่างๆ และอื่นๆ อีกมากมาย หนึ่งในขยะเหล่านี้ที่น่าสนใจคือบรรดาพวกขยะที่เป็นสาร อินทรีย์ชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยกระบวนการย่อยสสารอินทรีย์แบบไม่ต้องใช้ออกซิเจน (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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่อง

2.12.1 การทดสอบหา Power requirement

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสแอมแปร์ ขณะที่ใบมีดตัดก้อนฟาง เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่ากำลังที่ใบมีดทั้งหมดต้องการ ทำการติดใบมีด Cutter Bar สองใบตรงข้ามกันเพื่อให้ใบมีดสมดุล บนหน้าแปลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร หน้า 3 มิลลิเมตร



ภาพที่ 2.22 แสดงการทดสอบหาการหาเครื่องต้นกำลัง

สูตรการหา Power

$$P = IECOS\theta \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ I = กระแส (A)

E = แรงดันไฟฟ้า(Volt)(220 v)

P = กำลัง (w)

Factor power motor 0.86 หรือ 1.0

2.12.2 อัตราทด (Velocity ratio) m

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนเวลาหรับการศึกษานี้ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการออกแบบชุดถ่ายทอด้ง คือดอัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมของเฟืองขับ ต่อความเร็วเชิงมุมของเฟืองตาม ถ้าให้ “1” และ “2” แทนเฟืองขับและเฟืองตาม ตามลำดับ จาก ความรู้ทางด้านกลศาสตร์จะได้ว่า

$$m\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots(2)$$

โดยที่ ω = ความเร็วเชิงมุม, rad/s
 n = ความเร็วรอบ, rpm
 d = เส้นผ่านศูนย์กลางพิตซ์, mm หรือ in
 N = จำนวนฟัน

2.12.3 การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องสับ (Capacity of cut)

$$\text{สมรรถนะการสับ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)} = \frac{\text{ปริมาณฟางที่สับได้ (กรัม)} \times 60}{1000 \times \text{เวลา(นาที)}} \dots\dots\dots(3)$$

2.12.4 ความต้องการกำลัง (Power requirement)

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

2.12.5 การคำนวณความชื้นของวัสดุ (MOISTURE CONTENT WET BASIS - %)

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

2.12.6 การคำนวณการทดความเร็วรอบของล้อสายพาน

$$\begin{aligned} \text{SH-i} \times \text{D-i} &= \text{SH-L} \times \text{D-L} \\ \text{อัตราทด (ratio)} &= \frac{\text{SH-i} / \text{SH-L}}{\text{D-L} / \text{D-i}} \quad \text{หรือ} \\ &= \text{D-L} / \text{D-i} \quad \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

กำหนดให้

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

2.12.7 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเก็บฟางไม่หมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

(Percent loss)

2.12.8 การคำนวณสมรรถนะเชิงวัสดุ (Material Capacity)

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

2.12.9 การออกแบบเพลาดัน

ใช้ทฤษฎีการออกแบบเพลาดันตามโค้ดของ ASME วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นสูงสุด และไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนานแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลาดัน ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิติศาสตร์

เพลาดันส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักร ทั้งนี้เพราะเพลาดันอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาก็ได้ ดังนั้นเพลาดันจึงเกิดความเสียหายเนื่องมาจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย

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

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

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

ความเค้นกดหรือความเค้นดึงรวมคือ $\sigma = \sigma_a + \sigma_b$ (12)
 (ในกรณีนี้ไม่มีแรงกระทำในแนวแกน ดังนั้น $\sigma_a = 0$)

จากทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

$$\tau = \left[\tau_{xy}^2 + \left[\frac{\sigma}{2} \right]^2 \right]^{1/2} \dots (13)$$

ถ้าให้ C_m = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด

C_t = ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด

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

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

ค่าตัวประกอบความล่าช้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ ซึ่งหาได้จากตารางที่ ค-2

2.12.10 การคำนวณหาความเร็วรอบ

ความเร็วรอบล้อขับ X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อขับ = ความเร็วรอบล้อตาม X เส้นผ่านศูนย์กลางล้อตาม

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

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

2.12.11 การคำนวณหาขนาดสายพานแบน

การเลือกขนาดของสายพานในทางปฏิบัตินั้นมักจะเลือกจากกำลังงานที่แก้ไข (corrected power) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$P = W_p \times N_s \times \frac{1}{N_a} \dots\dots\dots(16)$$

โดยที่

P = กำลังงานที่แก้ไข

W_p = กำลังงานที่ต้องการส่ง

N_s = ตัวประกอบใช้งาน หาค่าได้จากตารางที่ ค-1

N_a = ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส หาค่าได้จากตารางที่ ค-3 จากนั้นจึง

คำนวณหาความกว้างของสายพานได้จากสมการ

$$b = \frac{25P}{P_0} \dots\dots\dots(17)$$

โดยที่

P_0 = กำลังงานที่สายพานกว้าง 25 mm ส่งได้ หาค่าได้จากตารางที่ ค-3

b = ความกว้างสายพาน

การคำนวณหามุมสัมผัส α และความยาวของสายพาน L ในแต่ละกรณีทำได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

สำหรับการขับแบบ open drive

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โดยที่

α = มุมสัมผัส (angle of contact) เป็น rad

L = ความยาวของสายพาน

C = ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของล้อขับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นฟาง

3.1 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบที่ 1

ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแบบใหม่เพื่อขจัดปัญหาการหั่นฟางของเครื่องหั่นแบบเดิมคือเกษตรกรต้องทำการแยกฟางออกแล้วจึงค่อยทำการป้อน ซึ่งทำให้การทำงานเกิดความล่าช้า และสิ้นเปลืองแรงงาน ซึ่งส่วนประกอบของเครื่องที่ทำการออกแบบและสร้าง โดยส่วนประกอบของเครื่องหั่นมีรายละเอียดดังนี้

1. ถังบรรจุฟองฟาง

มีลักษณะเป็นถังโลหะสี่เหลี่ยม โดยออกแบบให้สามารถบรรจุฟองฟางที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือมีลักษณะเป็นลูกบาศก์สี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 0.5 ม. ยาว 0.55 ม. สูง 0.95 ม. ปากถังอยู่ที่ส่วนบนหันออกมาทางด้านข้างเพื่อความสะดวกในการใส่ฟองฟางให้มีทิศตั้งฉากกับการวางตัวของใบมีด ที่ส่วนล่างเป็นถังกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.86 ม. สูง 0.37 ม. ด้านหน้าของถังมีปล่องกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 ม. ยาว 0.52 ม. เพื่อใช้เป็นช่องทางออกของฟางที่หั่นแล้ว ซึ่งปล่องกลมนี้จะสามารถใช้สายยางสวมใส่ได้ ทำให้การฟนไปเก็บในพื้นที่ทำได้ง่ายขึ้น และยังทำให้ฟางที่หั่นแล้วไม่ฟุ้งกระจายจากการเป่าด้วยลมได้อีกด้วย ถังบรรจุฟองฟางนี้จะออกแบบให้สามารถเปิดปิดได้ทำให้การดูแลรักษาทำได้สะดวก



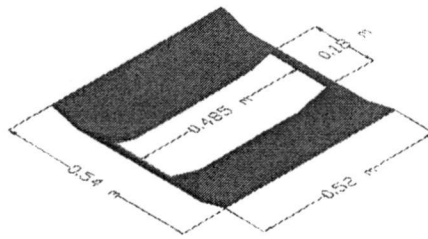
ภาพที่ 3.1 ถังบรรจุฟองฟาง

2. แผ่นโลหะป้องกันการหลุดรอดของเส้นฟาง

เป็นแผ่น โลหะที่ช่วยให้เส้นฟางที่หลุดออกจากฟองฟางไหลเข้าสู่ชุด ใบมีดเพื่อทำการหั่น แผ่น โลหะจะมีขนาดกว้าง 0.52 ม. ยาว 0.54 ม. และมีมุมเอียง 25 องศาเพื่อช่วยให้เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

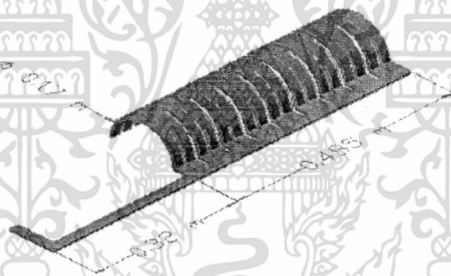
ฟางไหลเข้าสู่ชุดไวมิดได้และมีช่องว่างที่มีขนาดกว้าง 0.18 ม. ยาว 0.485 ม.พอดีกับชุดไวมิด ทำให้สามารถติดตั้งไวมิดให้ไหลพ้นออกมาหันฟอนฟางได้



ภาพที่ 3.2 แผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง

3. ตะแกรงป้องกันการกระแทก

เป็นตะแกรงโลหะที่มีความยาว 0.485 ม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดไวมิดและมีรัศมีส่วนโค้ง 0.17 ม. เท่ากับเพลของไวมิด ติดตั้งอยู่เหนือชุดไวมิดทำหน้าที่ป้องกันการกระแทกที่เกิดกับชุดไวมิดอันเนื่องมาจากการบรรจุฟอนฟาง ตะแกรงจะมีช่องว่างที่ตำแหน่งของไวมิดเพื่อให้ไวมิดไหลพ้นออกมาหันฟอนฟางได้ โดยตะแกรงนี้จะมีคันทันโยกที่มีความยาว 0.32 ม. เพื่อเปิดปิดตะแกรงในกรณีที่ทำกรหั่นวัสดุอื่น เช่น กระจาดพลาสติก ฯลฯ

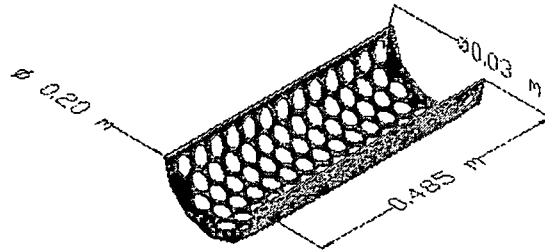


ภาพที่ 3.3 ตะแกรงป้องกันการกระแทก

4. ตะแกรงกำหนดขนาดของเส้นฟาง

เป็นตะแกรงโลหะที่มีความยาว 0.485 ม. ครอบคลุมตลอดความยาวของชุดไวมิดมีรัศมีส่วนโค้ง 0.20 ม. ติดตั้งอยู่ใต้ชุดไวมิดมีตำแหน่งตรงกับช่องว่างแผ่นโลหะป้องกันการหลุดลอดของเส้นฟาง เพื่อรองรับเส้นฟางที่ตกลงมา ทำการเจาะรูที่ตะแกรงให้มีขนาด 0.03 ม. ตามความยาวของเส้นฟางที่ต้องการ ถ้าเส้นฟางที่ตกลงมามีความยาวมากกว่าขนาดของรูตะแกรง เส้นฟางจะไม่สามารถผ่านไปได้และจะถูกไวมิดหันจนกระทั่งความยาวมีขนาดสั้นกว่ารูตะแกรงและลอดผ่านไปได้

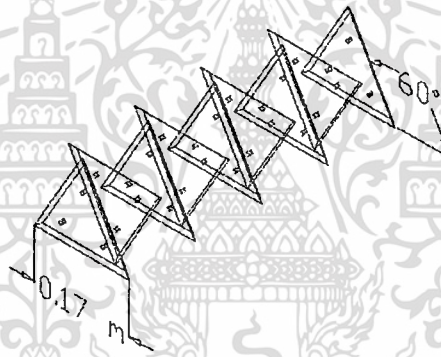
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ตะแกรงกำหนดขนาดของเส้นฟาง

5. ชุดใบมีด

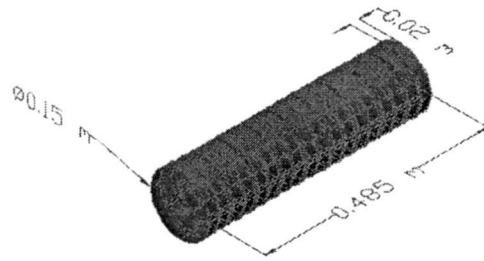
เป็นใบมีดทำจากโลหะมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าขนาด 0.17 ม. ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้นจำนวน 9 ใบมีดเพื่อกำหนดให้ความยาวของฟางที่หั่นในขั้นแรกมีความยาว 5 เซนติเมตร รับคมทั้งสามด้าน เจาะรูเพื่อร้อยนอตติดตั้งเข้ากับหน้าแปลนใบมีด โดยติดตั้งให้ใบมีดโผล่พ้นช่องว่างของตะแกรงป้องกันการกระแทก เพื่อให้ใบมีดทำการหั่นฟองฟางได้ เนื่องจากเป็นสามเหลี่ยมด้านเท่าจึงทำให้มีมุมเอียงใบมีด (Helical angle) 60 องศา และใช้มุมลิ้ม (Shear knife angle) 30 องศา



ภาพที่ 3.5 ใบมีด

6. ชุดหน้าแปลนใบมีด

มีลักษณะเป็นหน้าแปลนเจาะรูเพื่อติดตั้งใบมีดประกบทั้งสองด้าน โดยมีความยาวตลอดชุดใบมีด 0.485 ม. ติดตั้งอยู่บนเพลลาหมุนที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องต้นกำลัง หน้าแปลนที่ใช้เป็นโลหะตันเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.15 ม.หนา 2 ซม. มีน้ำหนักค่าหนึ่งดังนั้นการหมุนจะมีการแกว่งตัวทำให้เกิดโมเมนต์ดัดเป็นวัฏจักรเพราะเพลลาหมุนตลอดเวลา การออกแบบจึงต้องคำนึงถึงความสมดุลในระหว่างการหมุนและความหนาของหน้าแปลนเพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนใบมีดและซ่อมบำรุงเป็นสำคัญ



ภาพที่ 3.6 ชุดหน้าแปลนใบมีด

7. ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด

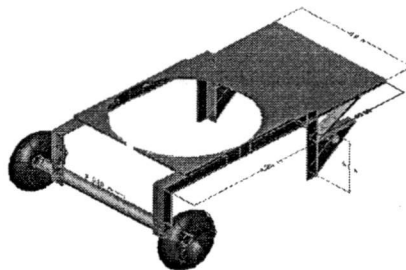
ประกอบด้วย ดันกำลัง เฟลาสำหรับติดตั้งชุดใบมีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม. ยาว 0.9 ม. เพื่อตรง เพื่องคอกจอกและใบพัด ทั้งนี้ดันกำลังจะสามารถเปลี่ยนเป็น เครื่องยนต์หรือใช้กำลังจากเฟลา PTO ของรถแทรกเตอร์ก็ได้ การออกแบบต้องคำนึงถึง อัตราการถ่ายทอดกำลังไปยังชุดใบมีดทำให้ใบมีดสามารถตัดผ่านฟ่อนฟางไปได้ อัตราการทอรอบไปยังใบพัดเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้เพื่อการเป่าฟางที่นั่นแล้ว และความเหมาะสมระหว่างการใช้ดันกำลังกับอัตราการผลิตที่ต้องการ



ภาพที่ 3.7 ชุดถ่ายทอดกำลังและใบพัด

8. โครงเหล็ก

ใช้สำหรับติดตั้งส่วนประกอบต่างๆของเครื่อง โดยมีการติดตั้งล้อและจุดยึดเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และยังมีฐานเพื่อการติดตั้งเครื่องดันกำลังที่ส่วนท้ายของโครงด้วย โครงเหล็กนี้มีขนาดความกว้าง 0.9 ม. ความยาว 1.20 ม. ความสูง 0.4 ม. ฐานเพื่อการติดตั้งเครื่องดันกำลังมีขนาดความกว้าง 0.9 ม. ความยาว 0.65 ม. และเฟลาที่ใช้ในการติดตั้งล้อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ซม.



ภาพที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดใบมีดที่ทำการออกแบบและพัฒนาขึ้นมาใหม่

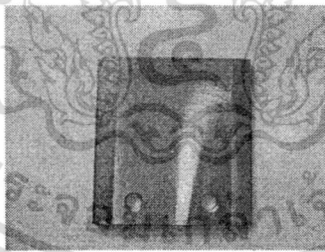
ได้ทำการศึกษาและทดสอบจากเครื่องทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของใบมีดแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องทดสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร สำหรับติดตั้งชุดใบมีดมอเตอร์ 2 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบ/นาที และความเร็วรอบของใบมีด 322 รอบ/นาที โดยที่อัตราทดของมอเตอร์กับชุดพูลเลย์อยู่ที่ 4.65:1 (อัตราทดจากมอเตอร์ต้นกำลังไปยังเพลาลูกใบมีด)



ภาพที่ 3.9 เครื่องทดสอบใบมีด

1. ชุดใบมีดที่ 1

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

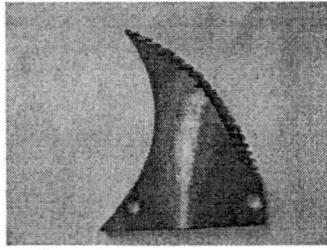


ภาพที่ 3.10 ใบมีดชุดที่ 1

2. ชุดใบมีดที่ 2

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

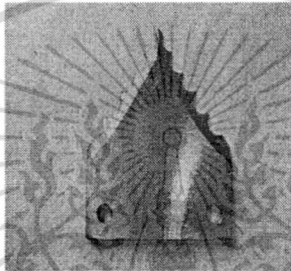
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 แสดงแบบใบมีดชุดที่ 2

3. ชุดใบมีดที่ 3

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



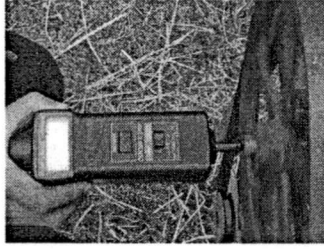
ภาพที่ 3.12 ใบมีดชุดที่ 3

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีดจากเครื่องทดสอบ

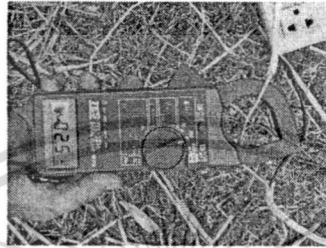


ภาพที่ 3.13 การทดสอบหาประสิทธิภาพของใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 การทดสอบหาความเร็วรอบของใบมีดแต่ละชุด



ภาพที่ 3.15 การทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ใบมีดใช้หัน

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*รอบของเครื่องยนต์ขณะเดินเครื่องเปล่า 322.5 rpm

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 โดยมีอัตราทดระหว่างเพลาชับกับเพลาดำตามี่ 4.65:1 พบว่าใบมีด ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 ใช้กำลังขับใบมีดแต่ละชุดที่ 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 ใบมีดชุดที่ 3

การทดลองหา Power requirement โดยการเลือกใบมีดแบบCutter bar

ทำการสร้างเครื่องเพื่อใช้ในการทดสอบหาค่ากระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในขณะที่ใช้ใบมีดหั่นฟองฟาง 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

$$P = (2.54)(220)(1) = 558.8 \text{ w} \quad (\text{แปลง w เป็น hp } 558.8/745.7 = 0.749 \text{ hp})$$

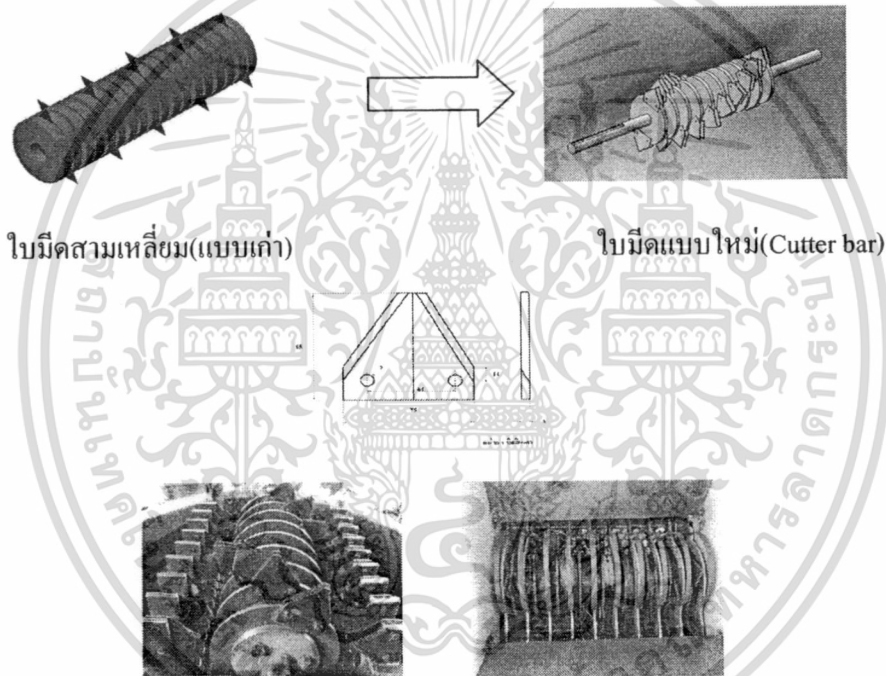
กำลังที่เครื่องต้องการของใบมีด 1 ใบต้องใช้กำลัง 0.749 hp. ในขณะที่ใบมีดตัดฟองฟางใบมีดจะสัมผัสฟางทั้งหมด 10 ใบรวมกำลังที่ต้องการ 7.49 hp จึงเลือกใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 8 hp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ระบบที่ทำการพัฒนา

3.4.1. ชุดไบริม

ระบบไบริมที่ออกแบบใหม่นั้นได้นำ Cutter bar มาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องเกี่ยวสวนสามารถหาซื้อได้ง่าย มีความคมและแข็งแรงมากกว่าไบริมแบบเก่าซึ่งต้องสั่งทำขึ้นมาเฉพาะมีความหนาไม่คม ชุดไบริมได้ถูกออกแบบให้ยึดกับหน้าแปลนในตำแหน่งตรงกันข้ามกันเพื่อให้สมดุลและยึดไบริมเฉียงทำองศา 22.5 องศาจนครบรอบวง โดยที่ตำแหน่งไบริมใบแรกตรงกับใบสุดท้าย เพื่อให้ไบริมกระจายการตัดลดแรงเสียดทานเครื่องไม่กระชากเวลาไบริมหันลงที่ฟอนฟาง ซึ่งเชื่อมติดอยู่กับท้อเหล็กตรงกลางเพลลาเพื่อป้องกันฟางพันกับเพลลาไบริม

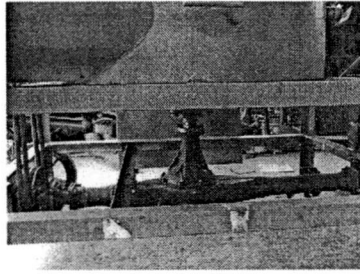


ภาพที่ 3.17 ชุดไบริม (Cutter)

3.4.2. ชุดถ่ายทอด้ก้างและใบพัด

ประกอบด้วยต้นก้างเพลลาสำหรับติดตั้งชุดไบริมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ซม.ยาว 0.9 ม. ใช้เพื่อทำขดเหล็กดัดแปลงเป็นเกียร์เปลี่ยนทศมีอัตราทด 7:1 ต้นก้างจะสามารถเปลี่ยนเป็นเครื่องยนต์หรือใช้กำลังจากเพลลา PTO ของรถแทรกเตอร์ก็ได้ การออกแบบต้องคำนึงถึงอัตราการถ่ายทอด้ก้างไปยังชุดไบริมทำให้ไบริมสามารถตัดผ่านฟอนฟางไปได้ อัตราการทอรอบไปยังใบพัดเพื่อกำหนดความเร็วรอบของใบพัดที่ใช้เพื่อการเป่าฟางที่แห้งแล้ว และความเหมาะสมระหว่างการใส่ต้นก้างกับอัตราการผลิตที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.18 ระบบถ่ายทอตกำลังและใบพัด

การคำนวณการออกแบบ

- หาเส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์ตัวตามที่แกนเพลลาใบมีดจากสมการ

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

โดย n = ความเร็วรอบ, rpm
 d = เส้นผ่าศูนย์กลางพูลเลย์, mm หรือ in

คำนวณ

$$m = \frac{n_2}{n_1} \text{ (ความเร็วรอบเครื่องต้นกำลัง 1,500 rpm)}$$

$$\text{(ความเร็วรอบใบมีดที่ต้องการ 750 rpm)}$$

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

$$m = 2$$

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

$$x = 8 \text{ นิ้ว}$$

เพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้พูลเลย์ที่แกนเพลลาใบมีด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาแรงบิด

$$T = \frac{Px60}{2\pi N}$$

T คือ แรงบิดกระทำกับเพลลา (นิวตัน - เมตร)

P คือ กำลังของมอเตอร์ (5,786 วัตต์)

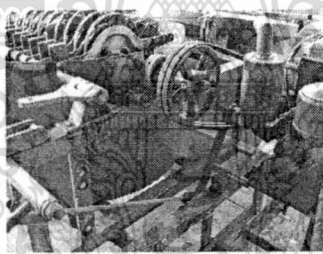
N คือ ความเร็วรอบของเพลลา (มีค่า 750 รอบต่อนาที)

$$T = (5,786 \times 60) / (2 \times 3.1416 \times 750)$$

$$= 73.67 \text{ นิวตัน - เมตร}$$

3.4.3. ระบบคลัชต์ดึงสายพานอัตราทดจากเครื่องยนต์ต้นกำลังไปชุดใบมีด 2:1

เดิมระบบส่งกำลังเป็นระบบต่อตรงการสตาร์ทเครื่องยนต์หรือต้นกำลังจะกินกำลังเครื่องมากเพราะมีฟางตกค้างอยู่ภายใน ซึ่งเพิ่มระบบคลัทช์ไว้ตัดต่อในขณะที่เริ่มต้นสตาร์ทเครื่องต้นกำลังให้เดินฟรี หรือหยุดตัดเมื่อต้องการกรณีของสิ้น

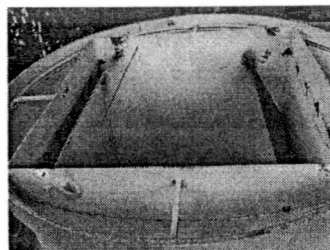
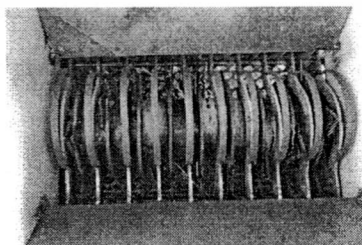


ภาพที่ 3.19 ระบบส่งกำลังเครื่องยนต์

3.4.4. ช่องทางลงถังบรรจุฟาง

นำแผ่นเหล็กยึดด้านข้างให้มีความเอียง 27 องศา ลาดเข้าหาใบมีด เพื่อลดช่องว่างที่ฟางจะ

ติดค้าง



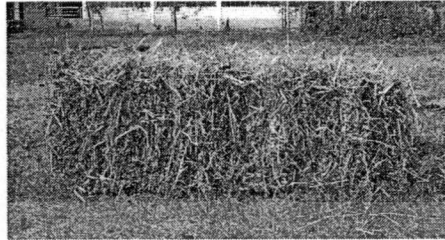
ภาพที่ 3.20 ช่องทางลงถังบรรจุฟาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 วิธีการทดลอง

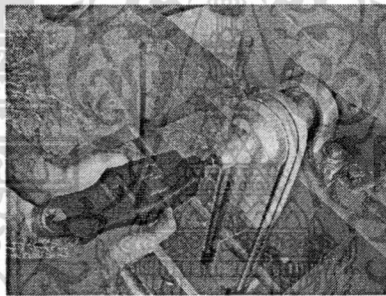
การทดสอบประสิทธิภาพการหั่น

1. เตรียมก้อนฟางที่จะนำไปหั่นย่อย



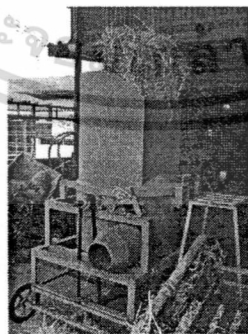
ภาพที่ 4.1 ฟ่อนฟางที่นำมาใช้ทดลอง

2. ปรับความเร็วรอบเครื่องต้นกำลังเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 แรงม้า แล้วใช้เครื่องวัดความเร็วรอบในการวัดความเร็วรอบที่เพลลาใบมีด ให้ได้ความเร็วรอบใบมีดตามที่ต้องการ



ภาพที่ 4.2 แสดงการใช้เครื่องวัดความเร็วรอบ

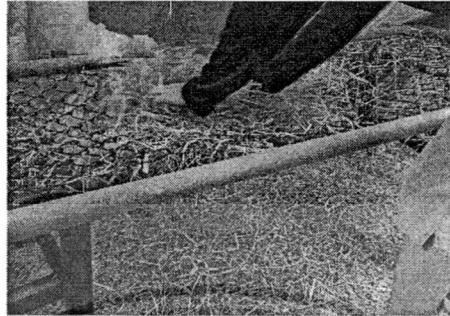
3. โดยใช้เวลาในการหั่นแต่ละระดับความเร็วรอบของใบมีด 20 นาทีซึ่งมีการทำ 5 ซ้ำ



ภาพที่ 4.3 แสดงการนำฟ่อนฟางใส่ลงในเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



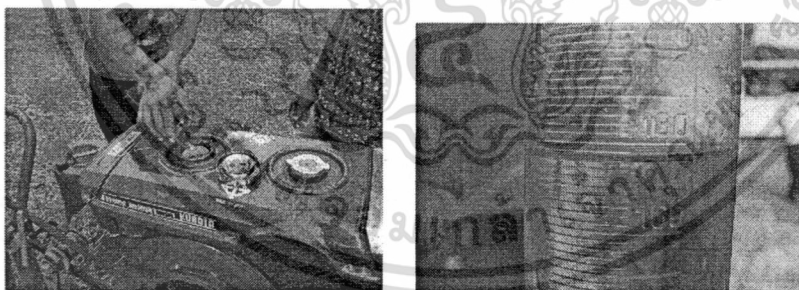
ภาพที่ 4.4 การคัดแยกเส้นฟาง

5. จากนั้นนำกองฟางแต่ละกองไปชั่งน้ำหนัก

6. บันทึกผลลงตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดสอบหาอัตราการผลิตเชื้อเพลิง

ทำการทดสอบหาอัตราการผลิตเชื้อเพลิงโดยทำการวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงในถังก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบโดยใช้ไม้วัดระดับน้ำมันจากนั้นทำการทดสอบหันย่อยฟางเป็นเวลา 20 นาที ทำการเก็บตัวอย่างแล้วจึงทำการตวงน้ำมัน โดยการใช้กระบอกลงแล้วจึงทำการเติมน้ำมันลงในถังให้ได้ปริมาตรเท่าเดิม ดังรูป



ภาพที่ 4.5 การทดสอบหาอัตราการผลิตเชื้อเพลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองตามวิธีการทดลองที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น มีการทดสอบใบมีด 2 ชนิด ความเร็วรอบชุดใบมีดที่ทำการทดลองมีอยู่ 2 ความเร็วรอบ คือ 700 และ 750 รอบต่อนาที ในช่วงความถี่ที่ 9-10 %db. และ 10-11 %db.

4.2.1 ผลการทดลองของชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 rpm.

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

Speed	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%

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

Speed	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 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 อัตราการหันฟางที่ได้ขนาดต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (g/cc.) เปรียบเทียบกับชุด ไบมีคแบบเก่า

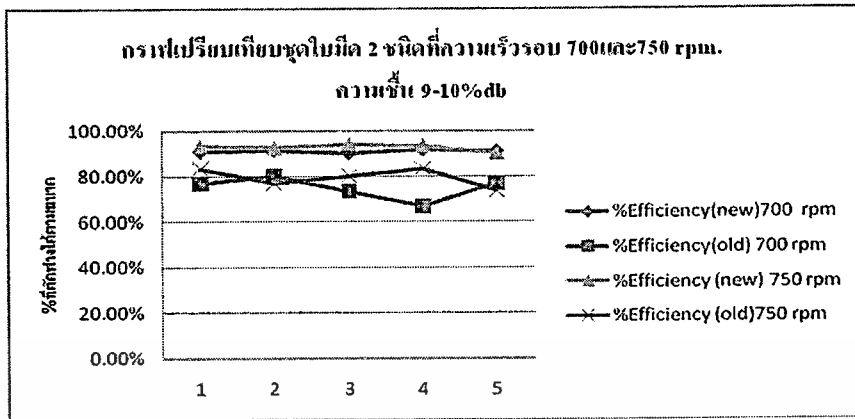
Speed	700rpm(new)	700rpm(old)	750rpm(new)	750 rpm(old)
1	233.33	35.65	257.14	44.65
2	226.34	36.61	255.55	42.22
3	240.56	39.34	250.43	42.20
4	235.44	36.36	246.75	40.69
5	224.24	36.95	235.67	41.29
average	231.98	36.98	249.11	42.21

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงสัมประสิทธิ์สำหรับ Factorial contrasts ใน 2^3 factorial

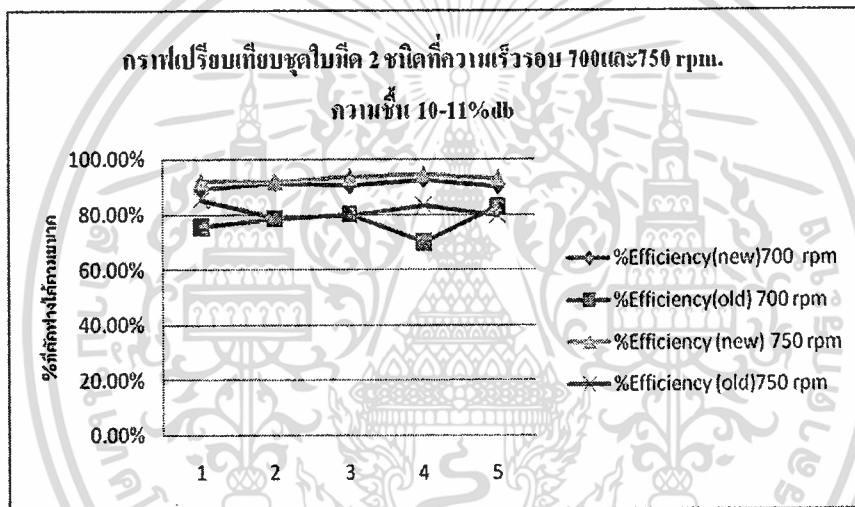
Treatment	Contrast							% efficiency	Standard order
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC		
1	-	-	-	+	+	+	-	74.67	$a_1b_1c_1$
a	+	-	-	-	-	+	+	90.97	$a_2b_1c_1$
b	-	+	-	-	+	-	+	77.20	$a_1b_2c_1$
c	-	-	+	+	+	-	-	79.33	$a_1b_1c_2$
ab	+	+	-	+	-	+	-	90.62	$a_2b_2c_1$
ac	+	-	+	-	+	-	-	92.70	$a_2b_1c_2$
bc	-	+	+	-	-	+	-	81.39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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

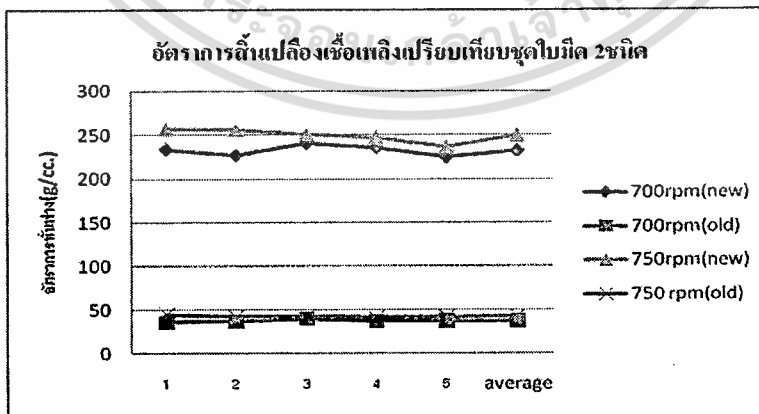
ผลการทดลองและวิจารณ์



ภาพที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 rpm. ความชื้น 9-10% db

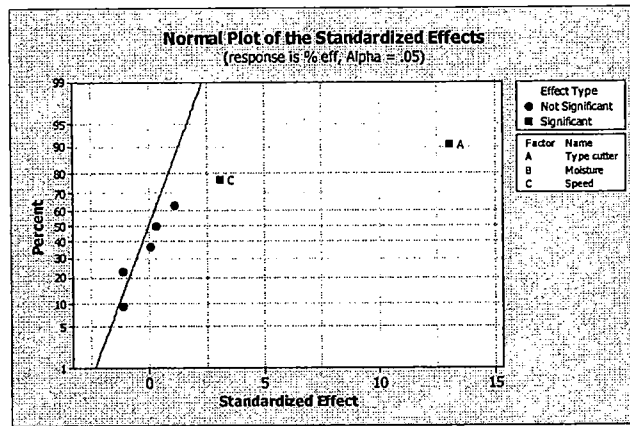


ภาพที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบชุดใบมีด 2 ชนิดที่ความเร็วรอบ 700 และ 750 rpm. ความชื้น 10-11% db



ภาพที่ 4.8 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเปรียบเทียบชุด ใบมีด 2 ชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

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%

เนื่องจากปฏิสัมพันธ์ Type cutter และ Speed มีนัยสำคัญ จึงสามารถอธิบายได้ว่าชนิดใบมีดและความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟาง ส่วนความชื้นจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟางน้อยที่สุด และชนิดของใบมีดจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องหั่นย่อยฟางมากที่สุด จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของการทำงานของเครื่องคือ ชุดใบมีดแบบCutter bar, ความชื้นที่ 10-11%db.และความเร็วรอบ 750 rpm ซึ่งมีประสิทธิภาพการหั่นของเครื่องหั่นย่อยฟางเฉลี่ย 93.05%

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การทดสอบเบื้องต้นได้ออกแบบการทดลองที่มีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียลใช้วิธีทางสถิติ(โปรแกรม Minitab V.15) เพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสม ชนิดของมีดที่เหมาะสมและช่วงความชื้นที่เหมาะสมที่สามารถหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนได้สูงสุด และทำให้ได้เส้นฟางที่มีความยาวเหมาะสมกับการใช้ทำเป็นอาหารผสม พบว่าอัตราการหั่นโดยเฉลี่ยคือ 96 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงอยู่ที่ 4.01 ซีซีต่อกิโลกรัม ชุดใบมีดแบบCutter bar, ความชื้นที่ 10-11 ที่ความเร็วรอบใบมีด 750 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพสูงสุดคือมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 92.70 เปอร์เซ็นต์

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ได้จากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยที่ความเร็ว 700 และ 750 รอบต่อนาที ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่าชุดใบมีดแบบCutter bar มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันน้อยกว่าชุดใบมีดสามเหลี่ยมแบบเก่า มีค่าเท่ากับ 231.98 และ 249.11 g/cc. และเมื่อคิดเป็นต้นทุนเฉพาะค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จะมีค่าเท่ากับ0.108 และ0.10 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งฟางอัดฟ่อนมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 20 กิโลกรัม คิดราคาน้ำมันดีเซลที่ 25 บาท/ลิตร นั่นคือชุดใบมีดแบบCutter bar ความชื้นที่ 10-11 ที่ความเร็วรอบ 750 รอบต่อนาที มีต้นทุนในการหั่นฟางที่ต่ำที่สุดคือ 2 บาทต่อฟ่อน

วัตถุประสงค์ในการออกแบบและพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางคือ ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการหั่นย่อยฟาง ลดต้นทุนในการสร้างเครื่องจักร เลือกใช้ขนาดต้นกำลังที่เหมาะสมซึ่งสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิง และสะดวกในการซ่อมบำรุง

5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

จากการทดลอง ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปพัฒนาเครื่องหั่นย่อยฟางอัดฟ่อนสำหรับการทำอาหารผสม เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการผลิตและลดต้นทุนการทำงานได้ดังนี้

1. ติดตั้งชุดอุปกรณ์การป้อนฟางเข้าสู่ชุดใบมีดซึ่งจากเดิมเป็นการปล่อยอย่างอิสระทำให้ฟางที่ตกลงสู่ใบมีดไม่สม่ำเสมอทำให้การหั่นย่อยฟางไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ตัวกันถ้าฟางเข้าสู่ชุดใบมีดมากเกินไปใบมีดก็จะไม่สามารถหมุนต่อไปได้อีก ดังนั้นหากมีการติดตั้งชุดป้อนฟางก็จะทำให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและควบคุมอัตราการป้อนฟางได้

2. ติดตั้งชุดโบรมีดเพิ่มเป็นแบบเพลาคู่เพื่อทำให้เกิดการดึงฟางเข้าสู่ชุดโบรมีดได้อย่างต่อเนื่องและทำให้เกิดการหันแบบสองทางจะทำให้ฟางไม่ไปสะสมอยู่ที่ฝั่งตรงข้ามการหัน
3. อุปกรณ์การป้อนฟางควรมีกลไกลดตัดเชือกที่มัดออกก่อนทำการหัน เพื่อป้องกันเศษเชือกปนเปื้อนเข้าไปกับเศษฟาง
4. สามารถทำการวิจัยต่อเนื่องเรื่องการลำเลียงไปยังจุดเก็บเศษฟางที่ย่อยแล้วหรือกระบวนการต่อฟางการนำไปใช้ประโยชน์นอกเหนือจากนำเศษฟางไปผสมอาหารสัตว์เพียงอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก-1 ผลการวัดน้ำหนักของก้อนฟาง

ฟางก้อนที่	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 มุมเสียดทานของฟอนฟางข้าวบนผิวโลหะเรียบ

ครั้งที่	ระยะแนวตั้ง (cm)	ระยะแนวราบ (cm)	มุมเสียดทานของฟอนฟางข้าวบนผิวโลหะ เรียบ (°)
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)	ความชื้น มาตรฐานเปียก (%)	ความชื้น มาตรฐานแห้ง (%)
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 ก.

ตารางที่ ก-1 ตัวประกอบใช้งาน N_u สำหรับสายพานแบน

ประเภท ของงาน	ชั่วโมงทำงานต่อวัน				ชั่วโมงทำงานต่อวัน			
	น้อยกว่า10		มากกว่า10		น้อยกว่า10		มากกว่า10	
	สตาร์ต ด้วยแรง เคลื่อน 85%	สตาร์ต ตรง	สตาร์ต ด้วยแรง เคลื่อน 85%	สตาร์ต ตรง	สตาร์ต ด้วยแรง เคลื่อน 85%	สตาร์ต ตรง	สตาร์ต ด้วยแรง เคลื่อน 85%	สตาร์ต ตรง
สำหรับ งานหนัก เครื่องย่อย , เครื่องตี และบด หิน	1.2	1.4	1.3	1.5	1.3	1.5	1.4	1.7

ตารางที่ ก-2 ค่าตัวประกอบความถี่

ชนิดของแรง	C_m	C_f
เพลahmen แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้าๆ	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°

ม.ค.	RPM ของ เหยื่อ หมอบ (เงา)	เส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพานเล็ก, mm										
		80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
3	720	0.48	0.67	0.94	1.35	1.97	2.70	3.73	5.58	6.93	8.30	-
	960	0.62	0.86	1.19	1.71	2.50	3.40	4.64	6.79	8.15	-	-
	1440	0.88	1.21	1.67	2.38	3.40	4.51	5.94	-	-	-	-
	100	0.09	0.12	0.17	0.24	0.35	0.49	0.68	1.05	1.35	1.71	2.15
	200	0.15	0.22	0.31	0.45	0.65	0.90	1.26	1.92	2.47	3.13	3.91
	300	0.22	0.31	0.43	0.64	0.93	1.28	1.79	2.73	3.49	4.41	5.45
	400	0.29	0.40	0.56	0.82	1.19	1.64	2.29	3.48	4.44	5.56	6.79
	500	0.35	0.48	0.68	0.99	1.45	1.99	2.77	4.19	5.31	6.59	7.89
	600	0.41	0.57	0.79	1.16	1.69	2.32	3.22	4.85	6.10	7.46	8.72
	700	0.47	0.65	0.91	1.32	1.93	2.64	3.65	5.46	6.81	8.18	9.23
	800	0.53	0.74	1.02	1.48	2.15	2.95	4.05	6.02	7.41	8.71	-
	900	0.58	0.81	1.13	1.62	2.37	3.23	4.43	6.52	7.91	-	-
	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	6.25	8.87	-	-	-				
	1000	-	5.16	7.17	9.22	-	-	-				
1100	-	5.48	7.52	-	-	-	-					
1200	-	-	7.78	-	-	-	-					

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

หมายเหตุ

- * การดึงแยกฟางข้าวออกจากฟ่อน 2 ฟ่อน
- * การดึงแยกฟางในชั้นของฟ่อน 5 ชั้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม1. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2534.
- [2] วรวิทย์ อึ้งภากรณ์และชาญ ถนัดงาน. การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม2. หจก. เอช-เอ็น การพิมพ์: กรุงเทพฯ, 2541.
- [3] ภรต กุญชร ณ อยุธยา. 2541. เครื่องสับเอนกประสงค์. เอกสารเผยแพร่ในงานแสดงผลงานวิจัยเชิงประยุกต์ เพื่อใช้ในการพัฒนาเศรษฐกิจ "มหกรรมเทคโนโลยีรู้เพื่อรวบ". 2 - 8 สิงหาคม 2541 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- [4] ภรต กุญชร ณ อยุธยา และคณะ. 2533. เครื่องจักรกลเกษตรใหม่ในโครงการพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการผลิตโคนม. ข่าวสารศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตร ฉบับประจำเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2533.
- [5] วิโรจน์ ภัทรจินดา. โคนม Dairy Cattle. โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2546.
- [6] <http://www.greeneyes.com/pages/strawchopper01.htm>
- [7] คณะกรรมาธิการพลังงานสภาผู้แทนราษฎร. (2545). พลังงานทดแทน. กรุงเทพฯ : แปลน กราฟิค. พีรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ. (2544). รอยไอยรา ๔. กรุงเทพฯ : รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977). สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2546จ). สถานการณ์นโยบายและมาตรการพลังงานของไทย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้