การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม

นาย เพลิน เมินกระโทก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-533-219-4

UTILISATION OF SUGAR CANE STALK AS DAIRY CATTLE FEEDS

Mr. Plern Mernkrathoke

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2002

ISBN 974-533-219-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……..
(รศ. ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

……..
(รศ. ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ)
อาจารย์ที่ปรึกษา

……..
(รศ. ดร. กนก ผลารักษ์)
กรรมการ

……..
(ผศ.น.สพ. ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์)
กรรมการ

……..	……..
(รศ. ดร. ทวิช จิตรสมบูรณ์)	(รศ. ดร. กนก ผลารักษ์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ	คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

เพลิน เมินกระโทก : การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม
(UTILISATION OF SUGAR CANE STALK AS DAIRY CATTLE FEEDS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 105 หน้า. ISBN 974-533-219-4

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาการนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการทดลอง 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลผลิต คุณค่าทางอาหารและการย่อยสลายได้ของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยจัดแผนการทดลองแบบ 5 × 5 Factorial arrangement in RCB มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัยดังนี้ ปัจจัยแรก คือ อ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ปัจจัยที่สอง คือ อายุการตัดที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน ทำการปลูกในแปลงย่อยขนาด 5 × 5 เมตร พบว่า อ้อย 5 พันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีน (กก./ไร่) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (4,155 และ 208 กก./ไร่ ตามลำดับ) และอ้อยพันธุ์ K 84-200 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนเฉลี่ยต่ำสุด (1,228 และ 51 กก./ไร่ ตามลำดับ) ในขณะที่อ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (3,248 กก./ไร่) และอายุการตัด 5 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำสุด (1,116 กก./ไร่) ส่วนปริมาณโปรตีนอ้อยที่อายุการตัด 7 เดือนเฉลี่ยสูงสุด (163.7 กก./ไร่) รองลงไป คืออ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (160.5 กก./ไร่) ในส่วนคุณค่าทางอาหารของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยจะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ตรงกันข้ามกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อย 5 พันธุ์ จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง ไขมันและเถ้าของอ้อย 5 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เปอร์เซนต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยที่ตัดตามอายุต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง ไขมันและเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อย 5 พันธุ์ตามอายุการตัดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) การย่อยสลายวัตถุแห้งจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า อ้อยพันธุ์มากอส ที่ตัดเมื่ออายุ 6 เดือนถึง 7 เดือน มีความเหมาะสมมากกว่าอ้อยพันธุ์อื่นๆ สำหรับนำมาเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนม เมื่อพิจารณาจากผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และการย่อยสลายวัตถุแห้ง

การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน จำนวน 24 ตัว จัดการทดลองแบบ Group Comparison โดยจัดเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธี Stratified Random Balance Group ตามปริมาณน้ำนม ระยะการให้นม และน้ำหนักตัวโค (ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 16.54 ± 1.98 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ระยะการให้นมเฉลี่ย 121 ± 22 วัน และน้ำหนักตัวก่อนการทดลองเฉลี่ย 440 ±31 กิโลกรัม) กลุ่มละ 12 ตัว โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารต้นข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ และกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับต้นอ้อยสดอายุการตัด 6-7 เดือน เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่า การกินได้วัตถุแห้งของโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกัน การได้รับโปรตีนหยาบของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีน (*dg*) ของต้นอ้อยสดต่ำกว่าต้นข้าวโพดหมัก ซึ่งตรงกันข้ามกับการได้รับพลังงานย่อยได้ทั้งหมดและพลังงานสุทธิของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$). จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้ต้นอ้อยสดสามารถใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมได้ไม่แตกต่างจากการใช้ต้นข้าวโพดหมักและสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งได้

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

PLERN MERNKRATHOKE : UTILISATION OF SUGAR CANE STALK AS DAIRY CATTLE FEEDS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WISITIPORN SUKSOMBAT, Ph.D. 105 PP. ISBN 974-533-219-4

The present thesis aimed to study the utilization of whole sugar cane for dairy cattle feeds. This study comprised 2 experiments. The first experiment was conducted to determine yield and nutritive value of some sugar cane breeds at different ages of cutting. The experimental design was a 5 × 5 factorial arrangement in randomized complete block with 3 replicates. The first factor was breed of sugar cane; marcos, uthong 3, supanburi 50, uthong1 and K 84-200 and the second factor was ages of harvest; 5, 6, 7, 8 and 9 months. The sugar cane was planted in 5 × 5 square metres subplots. The all breeds of sugar cane as age of harvesting had significant ($P<0.01$) effect on dry matter and crude protein yields. The marcos gave the highest average dry matter and crude protein yield (4,155 and 208 kg/rai, respectively), and the K 84-200 gave the lowest average dry matter and crude protein yield (1,228 and 51 kg/rai, respectively). The sugar cane harvested at 9 months had the highest average dry matter yield (3,248 kg/rai), while the sugar cane harvested at 5 months gave the lowest average dry matter yield (1,116 kg/rai). However harvesting at 7 months had the highest average protein yield (163.7 kg/rai), followed by harvesting at 6 months (160.5 kg/rai). The percentages of dry matter increased significantly ($P<0.01$) with increasing age of harvesting. In contrast, protein content decreased significantly ($P<0.01$) with increasing cutting age. The percentages of crude fiber, neutral detergent fiber, ether extract and ash of all breeds were similar, while the percentage of acid detergent fiber differed significantly. In contrast, age of harvesting had significantly ($P<0.01$) effect on the percentages of crude fiber, neutral detergent fiber, ether extract and ash. Breeds of sugar cane had significant ($P<0.01$) effect on dry matter degradability. Dry matter degradability decreased with increasing age of harvesting. In conclusion, the present experiment showed that the marcos harvested at 6 or 7 months are more suitable than other breeds for dairy cattle feeds, when dry matter (DM) and crude protein (CP) yield and dry matter degradability are taken into account.

The second experiment was conducted to investigate the effect of feeding sugar cane on performance of dairy cow in mid lactation. Twenty-four Holstein-Friesian crossbred lactating cows, with averaging 16.54 ± 1.98 kg milk/day, 121 ± 22 days in milk and 440 ± 31 kg live weight, were stratified random balanced into two groups (12 cows each group). The first group was fed corn silage while the second group was fed chopped sugar cane harvested at 6-7 months. The two group of cows consumed similar ($P>0.05$) dry matter. The cows on chopped sugar cane consumed lower crude protein than cows on corn silage, consequently cows on chopped sugar cane therefore consumed lower rumen degradable protein than cows on corn silage because of lower effective protein degradability (*dg*) of sugar cane. Net energy and total digestible nutrient consumption were also higher in cows fed sugar cane than in cows fed corn silage. Cows fed sugar cane gained significantly ($P<0.05$) more weight. Milk yields and milk composition were similar ($P>0.05$). It can be concluded in the present study that sugar cane can be fed to dairy cow in mid lactation as good as corn silage and can be use as roughage sources for dairy cattle during the dry season.

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ปีการศึกษา 2545

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำในการเขียนการตรวจแก้วิทยานิพนธ์ และสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และผู้ช่วยศาสตราจารย์นายสัตวแพทย์ ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ รองศาสตรจารย์ ดร. กนก ผลารักษ์ อาจารย์สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่างๆ ในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ความอนุเคราะห์โคนมและสถานที่ในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ บุคคลากรประจำอาคารเครื่องมือ 3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์พันธุ์อ้อยสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรม ส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดี และให้กำลังใจข้าพเจ้าเป็นอย่างดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เพลิน เมินกระโทก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ค

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารบัญตาราง ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย 3

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 อ้อย 5

2.1.1 พฤกษศาสตร์ทั่วไป 5

2.1.2 การเจริญเติบโตของอ้อย 6

2.1.3 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม 8

2.1.4 การเตรียมดินปลูกอ้อย 8

2.1.5 ฤดูปลูกอ้อย 9

2.1.6 การเตรียมท่อนพันธุ์ 9

2.1.7 พันธุ์อ้อย 9

2.1.8 การปลูกอ้อย 11

2.1.9 โรคและแมลงศัตรูอ้อย 11

2.1.10 คุณค่าทางโภชนะของอ้อย 11

2.1.11 การปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย 13

2.1.12 การใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโค 13

2.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในกระเพาะหมัก 15

สารบัญ (ต่อ)

2.2.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก 16
2.2.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน 18
2.2.3 สัดส่วนอาหารโปรตีน (ไนโตรเจน) และพลังงาน 19
2.3 จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก 19
2.3.1 แบคทีเรีย 19
2.3.2 รา 20
2.3.3 โปรโตซัว 20
2.3.4 หน้าที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก 21
2.3.5 สภาพนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ 21
2.3.6 ความสำคัญของระดับ pH ในกระเพาะหมักต่อประชากรของจุลินทรีย์ 22
2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง 22
2.4.1 Metabolic factor 23
2.4.2 Physical factor 24
2.5 ความต้องการพลังงานในโคนม 29
2.5.1 หน่วยของพลังงาน 29
2.5.2 การจำแนกพลังงาน 30
2.5.3 การประเมินค่าพลังงานแบบการนำเสนอของ Weiss และคณะ (1992) 31
2.5.4 ความต้องการพลังงานในโคนม 33
2.6 ความต้องการโปรตีนในโคนม 34
2.6.1 ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ 34
2.6.2 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต 34
2.6.3 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์ 34
2.6.4 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม 35
2.6.5 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโคนม 35
2.7 การให้น้ำนมของโคนม 36
2.7.1 เต้านม 36
2.7.2 น้ำนม 37

สารบัญ (ต่อ)

2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมดิบ 38

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 43

3.1 การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ 43

3.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม 44

3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย 44

3.4 การรวบรวมข้อมูล 44

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 45

3.6 สถานที่ทำการวิจัย 45

3.7 ระยะเวลาของการทำวิจัย 45

บทที่ 4 การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ 46

4.1 คำนำ 46

4.2 วัตถุประสงค์ 46

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ 46

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 48

4.5 สถานที่ทำการทดลอง 48

4.6 ระยะเวลาทำการทดลอง 48

4.7 ผลการทดลอง 49

4.8 วิจารณ์ผลการทดลอง 55

4.9 สรุปผลการทดลอง 56

บทที่ 5 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม 58

5.1 คำนำ 58

5.2 วัตถุประสงค์ 58

5.3 อุปกรณ์และวิธีการ 58

5.3.1 การปลูกอ้อยสำหรับนำมาเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม 58

5.3.2 การจัดโคทดลองและการจัดการให้อาหาร 59

5.3.3 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล 59

5.3.4 การศึกษาการย่อยสลายอาหารในกระเพาะหมัก 61

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 62

5.5 สถานที่ทำการทดลอง 62

สารบัญ (ต่อ)

5.6 ระยะเวลาทำการทดลอง 62

5.7 ผลการทดลอง 63

5.8 วิจารณ์ผลการทดลอง 68

5.9 สรุปผลการทดลอง 72

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง 73

รายการอ้างอิง 76

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 84

ภาคผนวก ข 91

ประวัติผู้เขียน 105

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะและถิ่นกำเนิดของอ้อยที่ Species ต่างกัน 9

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลด้านต่างๆ ของพันธุ์อ้อยบางพันธุ์ 10

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่างๆ กันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพด หญ้ารูซี่ และฟางข้าว (% on DM basis) 12

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย (% on DM basis) 14

ตารางที่ 4.1 แสดงผลผลิตและปริมาณโปรตีนของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ 52

ตารางที่ 4.2 แสดงโภชนะของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์) 53

ตารางที่ 4.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์) 54

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมระยะกลางของการให้นมที่ใช้ในการทดลอง 59

ตารางที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม 63

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณการกินได้ วัตถุแห้ง โปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ของโคนม 64

ตารางที่ 5.4 แสดงผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม 64

ตารางที่ 5.5 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม 65

ตารางที่ 5.6 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนม 65

ตารางที่ 5.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) (กรัม/ตัว/วัน) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน 66

ตารางที่ 5.8 แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ (กรัมต่อตัวต่อวัน) 67

ตารางที่ 5.9 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ (Mcal/day) 68

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิดในทุกๆภาคของประเทศ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลทราย ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2546) ได้รายงานการปลูกอ้อยในปีเพาะปลูก 2544/45 มีพื้นที่ปลูกรวมกันทั้งประเทศประมาณ 6,319,609 ไร่ ให้ผลผลิตอ้อยเข้าโรงงานทั้งสิ้น 60,012,977 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 9,496 กก./ไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คิดเป็นร้อยละ 38.72 และร้อยละ 39.58 ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546)

การเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพหนึ่งที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากผลผลิตน้ำนมดิบมีตลาดรองรับแน่นอนและไม่ต้องประสบกับปัญหาด้านราคาจำหน่ายเหมือนกับผลผลิตทางการเกษตรอย่างอื่น ทำให้มีรายได้ที่แน่นอนประกอบกับได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐบาลอย่างต่อเนื่องเสมอมา จึงทำให้เกษตรกรมีความต้องการเลี้ยงโคนมกันมากขึ้น ส่งผลทำให้ประชากรโคนมได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายที่จะเพิ่มจำนวนโคนมขึ้นอีกระหว่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (2545-2549) โดยได้วางเป้าหมายอัตราการเพิ่มจำนวนแม่โคนมที่ร้อยละ 7.24 ต่อปี เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบภายในประเทศที่ร้อยละ 9.12 ต่อปี และเพื่อทดแทนการนำเข้านมและผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี รายงานของ สารกิจ (2546) ระบุว่า ปี 2545 ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศไทย 660,297 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 40.90 ของความต้องการรวมภายในประเทศ จำนวนประชากรโคนมมีทั้งหมดประมาณ 374,648 ตัว เป็นแม่โครีดนมประมาณ 189,946 ตัว (คิดเป็นร้อยละ 50.7 ของจำนวนโคนมทั้งหมด) ผลิตน้ำนมดิบได้ประมาณ 1,956 ตัน/วัน อัตราการบริโภคน้ำนม 9.67 กก./คน/ปี ซึ่งอัตราการบริโภคของนมและผลิตภัณฑ์นมของประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ 19-21 ต่อปี จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโคนมอย่างต่อเนื่องทุกปีนี้เอง ย่อมส่งผลกระทบต่อความต้องการอาหารโดยรวมของโคนมโดยเฉพาะอาหารหยาบที่เป็นอาหารหลักสำหรับโคนมซึ่งจำเป็นต้องมีอยู่ในปริมาณที่พอเพียงและมีอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี การปลูกพืชอาหารสัตว์กระทำได้ในปริมาณค่อนข้างจำกัดเพราะพื้นที่ทางการเกษตรมีปริมาณจำกัดหรือพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาเหตุให้การผลิตอาหารหยาบไม่เพียงพอกับความต้องของโคนมที่เพิ่ม

จำนวนขึ้นทุกวัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) ของแต่ละปีจึงทำให้การขาดแคลนอาหารหยาบทั้งปริมาณและคุณภาพสำหรับใช้เลี้ยงโคนมทวีความรุนแรงเพิ่มมากยิ่งขึ้นหากไม่ได้รับการแก้ไขให้ตรงจุดและเหมาะสมย่อมมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำนมดิบทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยสดเลี้ยงโคนมนับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นเนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายสามารถขึ้นเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูแล้งทำให้สามารถปลูกอ้อยเพื่อเลี้ยงโคนมในหน้าแล้งได้ ซึ่งจะช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งหรืออาจช่วยลดการแทะเล็มพืชอาหารสัตว์มากเกินไป (Over grazing) ในช่วงฤดูฝน นอกจากอ้อยสามารถเจริญเติบโตและมีความสามารถทนแล้งได้ดีในฤดูแล้งแล้ว ฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยและหีบอ้อยก็อยู่ในระหว่างช่วงฤดูแล้งที่มักเกิดการขาดแคลนอาหารหยาบนี้ด้วย

การนำต้นอ้อยสดมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมส่วนใหญ่นิยมใช้ต้นอ้อยที่มีอายุประมาณ 10 เดือนขึ้นไป จะเป็นอ้อยที่เตรียมเข้าโรงงานทำน้ำตาล ต้นอ้อยเหล่านี้จะมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำทั้งโปรตีนและไขมัน แต่มีระดับเยื่อใยที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate) และปริมาณน้ำตาลสูง (Dijkstra et al., 1996) การนำใช้ประโยชน์จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยทั้งทางกายภาพและทางเคมีเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและเพิ่มการย่อยได้ การปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยอาจทำได้โดยการสับให้มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 นิ้ว เพื่อให้โคกินได้สะดวกและไม่เลือกกินเฉพาะใบหรือการวางแผนจัดการการปลูกอ้อยเพื่อกำหนดอายุการตัดให้เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมโดยพิจารณาจากปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะ ทั้งนี้เพื่อให้ได้อ้อยมีคุณภาพที่มีระดับของโภชนะที่เหมาะสมโดยเฉพาะปริมาณของน้ำตาลและปริมาณของเยื่อใยของอ้อยที่เหมาะสม ไม่ใช่ใช้อ้อยที่เตรียมส่งโรงงานอย่างที่เคยปฏิบัติ ฉะนั้นการปลูกอ้อยเพื่อเป็นอาหารโคนมต้องมีการจัดการวางแผนที่ดี ทั้งด้านการเตรียมดิน พันธุ์อ้อย การปลูกและการดูแลบำรุงรักษา งานวิจัยส่วนใหญ่จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของฟางข้าวเป็นหลักเนื่องจากมีปริมาณมากและหาง่าย ทั้งนี้โดยการนำฟางข้าวมาหมักด้วยยูเรีย 5% (เมธา, 2533) การวิจัยทางด้านการปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยมีน้อยมากในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะมีการวิจัยในประเทศที่ผลิตอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก เช่นในประเทศคิวบา เปอร์โตริโก อินเดีย ฟิลิปปินส์ และบราซิล ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นถึงการศึกษาปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์ที่อายุการตัดระยะต่างๆ และการใช้ประโยชน์ของต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมเพื่อช่วยลดการขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อให้ทราบผลผลิต คุณค่าทางโภชนะ และการย่อยได้ของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

2. เพื่อศึกษาผลของการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบโดยเปรียบเทียบกับอาหารหยาบคุณภาพดี

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

พันธุ์อ้อยต่างพันธุ์กันและอายุการตัดต่างกันมีคุณค่าทางโภชนะและปริมาณผลผลิตแตกต่างกันและต้นอ้อยสามารถใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมได้ไม่แตกต่างจากอาหารหยาบคุณภาพดี

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Whole Sugar Cane, Dairy Cattle, Intake, Milk Yield, Milk Compositions, Energy and Protein Requirement

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยมุ่งเน้นถึงการศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์เพื่อใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมและศึกษาถึงผลการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมเพื่อช่วยลดการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณค่าทางโภชนะและผลผลิตของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่าง ๆ

2. สามารถคัดเลือกต้นอ้อยบางพันธุ์ที่มีระดับโภชนะเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

3. ได้ทราบถึงผลการนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเพื่อเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมเพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง

4. ทราบถึงปัญหาการนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสด เพื่อใช้ทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการอาหารเพื่อใช้เป็นแหล่งโภชนะซึ่งอาหารของสัตว์อาจได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ พืชอาหารสัตว์ รวมทั้งผลพลอยได้ทางการเกษตรและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร อย่างไรก็ตามอาหารสัตว์เหล่านี้มีคุณสมบัติด้านองค์ประกอบทางโภชนะค่อนข้างแตกต่างกัน จึงมีการจำแนกอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ อาหารข้น (Concentrates) และอาหารหยาบ (Roughages)

อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีจำนวนโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient; TDN) สูง และมีเยื่อใยต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ18 ของน้ำหนักแห้ง) ได้แก่อาหารจำพวกเมล็ดพืช หรือผลพลอยได้จากพืชและอาหารที่มาจากสัตว์ เช่น รำ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง กากเมล็ดถั่วต่างๆ กากมะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงอาหารจำพวกแร่ธาตุและไวตามินต่างๆด้วย (วิศิษฐิพร, 2542)

อาหารหยาบ (Roughages) หมายถึง อาหารที่มีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบอยู่เกินกว่าร้อยละ18 ของน้ำหนักแห้ง อาหารหยาบจัดเป็นอาหารหลักสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีราคาถูกและมีอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติได้แก่ พืชพวกตระกูลหญ้าและตระกลูถั่ว นอกจากนี้ยังรวมถึงผลพลอยได้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ยอดอ้อย ชานอ้อย กากสับปะรด กากมะเขือเทศ เปลือกและต้นข้าวโพดฝักอ่อน ต้นข้าวโพดหวานและอื่นๆ (วิศิษฐิพร, 2542)

อาหารหยาบนับเป็นอาหารหลักของโคนม ซึ่งจำเป็นต้องมีอยู่ในปริมาณที่พอเพียงและมีอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดปี ปริมาณของพืชอาหารสัตว์ในฤดูฝนมีอยู่ในปริมาณมากพอทั้งจากหญ้าธรรมชาติและพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกหรือสร้างขึ้นโดยเกษตรกร เช่น หญ้ารูซี่ หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าซิกแนล หญ้าเนเปียร์ หญ้าขน และหญ้าแพงโกร่า เป็นต้น อย่างไรก็ตามปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบมีมากขึ้นในฤดูแล้ง ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของแต่ละปี ซึ่งขาดแคลนทั้งปริมาณและคุณภาพ ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาแนวทางแก้ไขให้มีความเหมาะสมเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงโคนมทั้งระยะสั้นและระยะยาว โดยจะต้องปรับใช้แหล่งอาหารหยาบชนิดอื่นๆที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อนแห้ง ตลอดจนการใช้เศษเหลือจากพืชหรือผลพลอยได้ทางการเกษตร

2.1 อ้อย (Sugar cane)

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งที่สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้อุปโภคบริโภคภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออก
เป็นอันดับแรกๆ ของประเทศ การปลูกอ้อยมีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยเป็นราชธานีจนถึงปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกอ้อยแต่ละปีประมาณ 5-6 ล้านไร่ โดยพื้นที่ที่ปลูกอ้อยมาก คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ และจังหวัดที่ปลูกอ้อยมาก ได้แก่ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี อุดรธานี กำแพงเพชร นครราชสีมา ชัยภูมิ นครสวรรค์ ราชบุรี ขอนแก่นและชลบุรี ตามลำดับ (ประเสริฐ, 2542)

อ้อยจัดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Gramineae) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Saccharum* spp. มีแหล่งกำเนิดที่เกาะนิวกินีในมหาสมุทรแปซิฟิค อ้อยที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันมีทั้งพันธุ์แท้และลูกผสมที่เกิดจากพันธุ์แท้ใน Genus Saccharum แต่ส่วนมากแล้วประเทศผู้ผลิตน้ำตาลจะปลูกอ้อยพวก *Saccharum officinarum* อ้อยมีลำต้นสำหรับสะสมน้ำตาล ลำต้นอ้อยพัฒนามาจากหน่อที่งอกจากแต่ละตาที่อยู่ใต้ดินจนกระทั้งเป็นลำที่ 1, 2, 3, ... รวมกันเรียกว่ากอ การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับการบำรุงดูแลรักษา สภาพแวดล้อม และพันธุ์ที่ใช้เวลาเก็บเกี่ยวอ้อยเริ่มพร้อมๆกับการเปิดหีบของโรงงานระหว่างกลางเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนเมษายนของปีถัดไป ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยได้รับอากาศหนาว (อุณหภูมิต่ำ) ทำให้อ้อยมีความหวานสูงพร้อมที่จะเก็บเกี่ยว อายุเก็บเกี่ยวทั่วไปประมาณ 9-12 เดือน (โสภณ, 2537)

2.1.1 พฤกษศาสตร์ทั่วไป

อ้อยเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว การจำแนกทางชีพจักรจัดเป็นพืชที่มีอายุหลายฤดู พันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกในปัจจุบันเกิดจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ที่ปลูกที่เป็นเครือญาติกันดังนั้นจึงน่าจะเรียกอ้อยเหล่านี้ว่าอ้อยลูกผสม (Hybrid cane) อ้อยเป็นพืช C_4 สามารถเจริญเติบโตภายใต้แสงที่มีความเข้มสูงได้ดีกว่าพืช C_3 จึงมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงดีกว่า อ้อยจึงเป็นพืชที่ชอบแสงแดดจัดและอุณหภูมิสูง (30-35 องศาเซสเซียส) และอ้อยยังเป็นพืชที่ไวต่อช่วงแสง อ้อยจึงถูกจัดเป็นพืชวันสั้น (Short day plant) จะออกดอกเมื่อเวลากลางวันสั้นกว่ากลางคืน อ้อยที่ปลูกในประเทศไทยจึงมักจะออกดอกในช่วงเดือนตุลาคมจนถึงเดือนมกราคม

2.1.1.1 ราก อ้อยมีระบบรากฝอย (Fibrous root system) แผ่กระจายออกโดยรอบลำต้น อ้อยไม่มีรากแก้ว เมื่ออ้อยเจริญเติบโตขึ้น รากถาวรก็จะเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ รากบางส่วนจะเจริญแผ่กระจายไปโดยรอบลำต้นใกล้ๆ ผิวดิน บางส่วนก็หยั่งลึกลงไปในดิน 4-8 เมตร สามารถดูดน้ำได้มากและรวดเร็ว แม้ในสภาพแห้งแล้งเพราะรากหยั่งลึกลงไปจนถึงชั้นดินชื้น พันธุ์อ้อยที่มีรากชนิดนี้มากจึงทนทานต่อสภาพแล้งได้ดี

2.1.1.2 ลำต้น อ้อยสามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยใช้ส่วนของลำต้น (Cutting, Set หรือ Seed cane) ลำต้นอ้อยมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ส่วนที่อยู่ใต้ดินและเหนือดิน ส่วนที่อยู่ใต้ดินเรียกว่าตอหรือเหง้า ส่วนที่อยู่เหนือดิน เป็นส่วนที่รองรับใบและช่อดอก บริเวณลำต้นเหนือดินจะสังเกตเห็นข้อและปล้องอย่างชัดเจน ข้อเป็นส่วนรองรับใบ เมื่อใบหลุดจะปรากฏรอยกาบใบให้เห็น ความยาวระหว่างปล้องจากรอยกาบใบหนึ่งถึงรอยกาบใบถัดไป เรียกรวมกันว่า ข้อปล้อง (Joint) บริเวณใต้รอยกาบใบมีวงแหวนที่มีขี้ผึ้งหรือไขเกาะอยู่หนากว่าส่วนอื่นของลำต้น เรียกว่า ไข เหนือรอยกาบใบมีวงแหวนที่มีปุ่มซึ่งเป็นแหล่งให้กำเนิดราก เรียกว่า ปุ่มราก เป็นบริเวณเกิดราก เหนือบริเวณเกิดรากเป็นวงเจริญหรือวงแหวน ในแต่ละข้อมี 1 ตา เกิดสลับกันตามข้อบนลำต้น เมื่อปลูกอ้อยด้วยท่อนพันธุ์ตาอ้อยจะเจริญเป็นส่วนลำต้น ลำต้นประกอบขึ้นด้วยหลายข้อและปล้อง ซึ่งมีความยาวต่างกัน ตอนโคนสั้นมากและค่อยๆยาวขึ้นๆ จนถึงยาวที่สุดแล้วความยาวก็ลดลงอีกเมื่อใกล้ยอด ที่ผิวลำต้นอาจปรากฏรอยแตกตื้นหรือรอยลายงา และรอยแตกลึก การเกิดรอยแตกตามลำต้นขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อยและสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะเมื่ออ้อยเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

2.1.1.3 อ้อยทั้งกอ (Stool) หมายรวมถึงส่วนที่อยู่บนดินและใต้ดินทั้งหมด เมื่อเก็บเกี่ยวส่วนที่อยู่บนดินออกเหลือเฉพาะส่วนที่อยู่ใต้ดิน เรียกว่า ตออ้อย (Root stock) อ้อยที่ปลูกจากท่อนพันธุ์และเก็บเกี่ยวครั้งแรกเรียกว่า อ้อยปลูก (Plant cane) ภายหลังเก็บเกี่ยวปล่อยให้ตออ้อยเจริญเติบโตเป็นลำต้นเรียกว่า อ้อยตอ (Ratoon cane)

2.1.1.4 ใบ เกิดเรียงสลับกันบนลำต้นและหุ้มตาไว้ ใบติดกับข้อปล้องของลำต้นตรงส่วนของฐานใบ โครงสร้างของใบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กาบใบและแผ่นใบ กาบใบไม่มีเส้นกลางใบ สีของแผ่นใบมีตั้งแต่สีเขียวแกมเหลืองจนถึงเขียวเข้มแตกต่างกันตามพันธุ์และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ขอบแผ่นใบมีลักษณะเป็นฟันเลื่อยเล็กๆทำให้ใบอ้อยมีความคมมาก

2.1.1.5 ดอก ช่อดอกอ้อยเรียกว่า Arrow หรือ Tassel เป็นแบบ Panicle เกิดที่ปลายยอดของลำต้น ลักษณะช่อดอกมีแกนกลาง มีความยาว 1-2 ฟุต ก้านแขนงแรกแตกออกจากแกนกลาง และก้านแขนงที่สองแตกออกจากก้านแขนงแรก ก้านแขนงที่สองนี้เป็นตำแหน่งของกลุ่มดอกย่อย (Spikelet) ที่เกิดเป็นคู่ประกอบด้วยกลุ่มดอกมีก้านและกลุ่มดอกไม่มีก้าน ขณะที่กลุ่มดอกบานเต็มที่ที่ฐานของกลุ่มดอกจะมีขนยาวสีขาว

2.1.2 การเจริญเติบโตของอ้อย

การเจริญเติบโตเริ่มจากส่วนตาอ้อยที่อยู่ใต้ดิน แล้วพัฒนาเป็นหน่อ (Shoot) เป็นลำ (Stem) จนถึงระยะสุกแก่ ซึ่งเป็นระยะที่มีการสะสมน้ำตาลสูงสุด สามารถแบ่งระยะการเจริญเติบโตได้ 4 ระยะ ดังนี้

2.1.2.1 ระยะงอก (Germination period) ระยะนี้เริ่มหลังจากปลูกอ้อยได้ 2-3 สัปดาห์ อ้อยเริ่มงอก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ สภาพของท่อนพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ระยะงอกเป็นตัวกำหนดจำนวนกอต่อไร่ ถ้าความงอกดีก็จะมีจำนวนกอต่อไร่มาก ซึ่งมีผลต่อผลผลิตอ้อยเมื่อเก็บเกี่ยว ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัดและความชื้นที่เหมาะสม อุณหภูมิต่ำจะมีผลต่อการงอกของอ้อยบางพันธุ์

2.1.2.2 ระยะแตกหน่อหรือแตกกอ (Tillering period) ระยะนี้เริ่มหลังจากปลูกอ้อยได้ 2-4 เดือน อ้อยเริ่มแตกหน่อและมีหน่อมากขึ้นจนเป็นกอ การแตกหน่อเกิดจากตาอ้อยที่อยู่บริเวณลำต้นใต้ดิน ทำให้ลำต้นหรือหน่อที่เกิดขึ้นภายหลังอยู่ใกล้ผิวดินหรือลอยขึ้น ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัด อุณหภูมิสูง น้ำและปุ๋ยที่พอเพียง ดังนั้นการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าควรทำในช่วงนี้ จำนวนหน่ออ้อยที่แตกในระยะนี้ จะเหลือลำต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวเป็นผลผลิตได้เพียงครึ่งเดียวโดยประมาณเมื่อถึงเวลาเก็บเกี่ยว ระยะนี้เป็นตัวกำหนดจำนวนลำต้นต่อกอ

2.1.2.3 ระยะย่างปล้อง (Elongation period) เป็นระยะที่ต่อเนื่องจากระยะแตกกอ ระยะนี้เริ่มหลังจากปลูกอ้อยได้ 3-4 เดือนเป็นต้นไป อ้อยเจริญเติบโตเร็วมากและเจริญเติบโตได้เร็วที่สุดเมื่ออายุ 6-7 เดือน โดยหน่อบางหน่อจะพัฒนาโดยการสร้างปล้องและลำให้เห็นอย่างเด่นชัด ลำที่เกิดขึ้นในแต่ละกอมากน้อยแค่ไหนขึ้นกับพันธุ์อ้อย ระยะนี้อ้อยต้องการแสงแดดจัดเพื่อการสังเคราะห์แสงให้ได้มากขึ้น อุณหภูมิสูง น้ำและปุ๋ยมากที่สุด การขาดน้ำและปุ๋ยในระยะนี้จะทำให้ปล้องสั้น น้ำหนักต่อลำอ้อยลดลง ทำให้ผลผลิตอ้อยทั้งหมดลดลงด้วย การเจริญเติบโตในช่วงนี้จะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม

2.1.2.4 ระยะแก่และสุก (Maturity and ripening period) ระยะแก่ คือ ระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตช้ามาก สังเกตได้จากใบซีดเหลืองและใบที่ส่วนยอดอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น คล้ายเจริญออกมาจากจุดเดียวกัน ปล้องที่อยู่ส่วนยอดของลำต้นจะสั้นลง ปริมาณน้ำตาลที่สังเคราะห์แสงได้จะสะสมไว้ในลำต้นมากขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่ระยะสุก เป็นระยะที่อ้อยมีการสะสมน้ำตาลสูงสุด ระยะนี้ต้องการแสงแดดจัดเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงหรือสร้างน้ำตาลสะสมในลำต้น และต้องการอุณหภูมิต่ำหรืออากาศหนาวเย็น ซึ่งจะช่วยเสริมการสร้างน้ำตาลและเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบไปยังลำต้น ถ้าอากาศหนาวติดต่อกันเป็นเวลานานจะส่งเสริมให้อ้อยหวานยิ่งขึ้น น้ำและปุ๋ยอ้อยต้องการน้อยมาก สภาพน้ำน้อยจะช่วยทำให้อ้อยมีความหวานมากขึ้น ในบางพันธุ์จะพบว่ามีการสร้างช่อดอกซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีการสะสมน้ำตาลสูงสุด อ้อยในระยะนี้จึงเป็นระยะสะสมน้ำตาล (Sucrose accumulation period) ซึ่งระยะนี้อ้อยเริ่มเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharide) ได้แก่ กลูโคสและฟรุคโตสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ (Disaccharides) ในรูปของน้ำตาลซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) จนกระทั่งสะสมน้ำตาลซูโครสได้สูงสุด (Ripening) ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ระยะย่างปล้องจนถึงระยะแก่ ระยะนี้จะสั้นหรือยาวขึ้นกับสภาพแวดล้อมและพันธุกรรมเป็นสำคัญ

การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน ในขณะที่อ้อยเจริญเติบโตมากก็จะมีการสะสมน้ำตาลน้อย เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะลดลงก็ทำให้มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น อย่างไรก็ตามมักมีอิทธิพลของพันธุ์และสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ

การสะสมเยื่อใยของอ้อยจะเริ่มจากอายุประมาณ 3 เดือน และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุ เยื่อใยของอ้อย ประกอบด้วย Vascular bundles จะมี Sclerenchymatous ห่อหุ้มท่อน้ำ (Xylem) และท่ออาหาร (Phloem) และ Parenchyma เป็นเซลล์สะสมน้ำตาล Sclerenchyma และ Collenchyma เป็นส่วนเยื่อใยและชั้น Epidermis อยู่นอกสุดจะมี ซิลิกา หรือ Cork ซิลิกาเป็นเซลล์ที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้นจะมีผันแปรจากร้อยละ 0.4 ในใบอ่อนและมากถึงร้อยละ 6 ในใบแก่ ในต้นอ้อย ประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 65 ไฟเบอร์ร้อยละ 16.0 น้ำตาลซูโครสร้อยละ 15.5 ส่วนที่ไม่ใช่น้ำตาลร้อยละ 3.5 (Hunsigi, 1993) น้ำตาลทราย 1 ช้อนชา (Teaspoonful) ให้พลังงาน 18 cal โดยอ้อยน้ำหนัก 1 ตันจะให้ผลผลิตน้ำตาล 96.74 กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2541)

2.1.3 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม

อ้อยเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน มีปริมาณน้ำฝนและแสงแดดเพียงพอโดยทั่วๆ ไปอ้อยเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซสเซียส และในพื้นที่ที่ไม่มีการชลประทานแต่จะต้องมีน้ำฝน 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี หรือมากกว่านั้น อ้อยเจริญเติบโตได้ช้าในเดือนแรกๆ อ้อยที่มีอายุปลูกมากๆ จะมีระยะเวลาเจริญเติบโตได้นานและให้ผลผลิตสูง อ้อยระยะแรกๆ เป็นระยะแตกกอถึงย่างปล้อง หลังจาก 4 เดือนขึ้นไปอ้อยจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อ้อยขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีหน้าดินอย่างน้อย 20 นิ้ว ดินโปร่งซุย อากาศและน้ำถ่ายเทได้สะดวกเพราะต้นอ้อยขณะยังเล็กจะไม่สามารถทนต่อสภาพน้ำท่วมหรือขังได้ ดินที่ใช้ปลูกจะต้องไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป (pH 5.5-7.0) และควรมีธาตุอาหารสมบูรณ์

2.1.4 การเตรียมดินปลูกอ้อย

การเตรียมดินปลูกอ้อยถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะอ้อยมีระบบรากยาวประมาณ 4-8 เมตร และเมื่อปลูกแล้วสามารถรักษาไว้ได้หลายปี ในการเตรียมดินการไถควรไถอย่างน้อย 2 ครั้งหรือมากกว่า โดยไถในขณะที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ ให้ลึกอย่างน้อย 20 นิ้วหรือมากกว่าเพราะจะช่วยให้รากหยั่งลึกแข็งแรงเจริญเติบโตดี ไม่หักล้ม สะดวกในการเก็บเกี่ยว และควรยกร่องปลูกอ้อยเพื่อสะดวกในการปลูก และดูแลรักษาโดยให้มีระยะระหว่างร่องประมาณ 1.0-1.5 เมตร

2.1.5 ฤดูปลูกอ้อย

ช่วงฤดูปลูกอ้อยที่เหมาะสมจะแบ่งตามเขตพื้นที่ที่ใช้ปลูกอ้อย แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ต้นฤดูฝน ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงมิถุนายน นิยมปลูกในพื้นที่ทั่วไป และปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก

2.1.6 การเตรียมท่อนพันธุ์

พันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกในปัจจุบันมีหลายพันธุ์ ควรเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง นอกจากนี้จะต้องพิจารณาพันธุ์อ้อยให้มีความสมบูรณ์ตรงตามพันธุ์ อายุประมาณ 8-10 เดือน ควรเป็นอ้อยปลูกใหม่ ปราศจากโรคและแมลง ตาอ้อยต้องสมบูรณ์ ควรมีกาบใบหุ้มเพื่อป้องกันการชำรุดของตาและเมื่อจะปลูกจึงค่อยลอกออก

2.1.7 พันธุ์อ้อย

อ้อยเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) Gramineae สกุล (Genus) Saccharum จำแนกได้เป็นชนิด (Species) ต่างๆ แต่ที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปจำแนกเป็น 4 ชนิด คือ อ้อยปลูกดั้งเดิม (*Saccharum officinarum* L.) อ้อยป่าแถบร้อน (*Saccharum spontaneum* L.) อ้อยอินเดีย (*Saccharum barberi* Jeswiet) และอ้อยป่านิวกีนี (*Saccharum robustum* Brandes et Jeswiet Ex Grass) โดยแต่ละชนิดมีถิ่นกำเนิดและลักษณะทั่วไปดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะและถิ่นกำเนิดของอ้อยที่ Species ต่างกัน

Species	Sucrose content	Fibre content	Adaptability	Stem	Leaves	Probable origin
S. *sinense*	Medium	High	Tropical and subtropical	Long and slender	Long and narrow	China
S. *spontaneum*	Very low	Very high	Tropical and subtropical	Slender	Very narrow	Cold regions of subtropical India
S. *barberi*	Medium	High	Tropical and subtropical	Medium and slender	Short and narrow	North India
S. *robustum*	Low	Very high	Tropical	Very long and thick	Broad to medium	New Guinea
S. *officinarum*	High	Low	Tropical and subtropical	Long and thick	Long and broad	Indo-Myanmar-China border

ที่มา: Hunsigi (1993)

ในปัจจุบันอ้อยที่เกษตรกรใช้ปลูกคาดว่ามีประมาณ 200 พันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมตามแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญนั้นมีอยู่ราว 30 พันธุ์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2537)

พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ อีกส่วนหนึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการผสม คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิชาการไทย อ้อยพันธุ์ต่างๆ เหล่านี้มีความแตกต่างในด้านผลผลิต (ตัน/ไร่) การแตกกอ (Tillering) ความสามารถทนทานต่อความแห้งแล้ง โรค และแมลง ดินที่ขึ้นได้ดี รวมทั้งการเจริญเติบโต สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายร่วมกับศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี และศูนย์วิจัยอ้อยน้ำตาลวังขนาย ได้รวบรวมพันธุ์อ้อยต่างๆ รวมทั้งสรุปข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลด้านต่างๆ ของพันธุ์อ้อยบางพันธุ์

พันธุ์	F 156	H 48-3166	PHIL 66-07	เค 84-200	อู่ทอง 1	KU 50
ผลผลิต(ตัน/ไร่)	13-16	12-15	11-14	14-17	15-18	15-20
กอ/ต้น	5-6	6-7	6-7	4-5	5-6	4-8
ดินที่ขึ้นได้ดี	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนเหนียว	ร่วน	ร่วนทราย
การไว้ตอ	ปานกลาง	ดี	ดี	ดี	ดี	ดีมาก
ทนแล้ง	ดี	ดี	ดี	ดี	ปานกลาง	ดี
การเจริญเติบโต	เร็ว	เร็วมาก	เร็ว	เร็ว	เร็ว	เร็ว

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2537)

เนื่องจากพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะและคุณสมบัติประจำพันธ์ที่แตกต่างกันไปจึงทำให้การนำพันธุ์อ้อยมาปลูกแต่ละพื้นที่จะต้องคัดเลือกก่อนนำมาปลูกเพื่อให้มีความเหมาะสม ซึ่งพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกกันสามารถแบ่งตามภาคต่างๆ ได้ดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2539)

ภาคเหนือ F 154, F 156, Q 83, Q 130, Phil 6317, Phil 6723, ROC 6, อีเหี่ยว, อู่ทอง 1, K 76-4

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ F 154, F 140, F 156, Q 83, ROC 6, Pindar, Eros phil 50-260, Phil 6607 (Marcos), Phil 6723, CO 1148, Hawai 48-3166, อู่ทอง 1, อีเหี่ยว, K 82-69, K 82 – 129

ภาคตะวันตกและภาคกลาง F 140, F 156, Q 83, ROC 1, ROC 10, Pindar, อู่ทอง1, อีเหี่ยว, K 84-200, K 76-4, K 84-69

ภาคตะวันออก F 137, F 140, F 156, Q 83, Q 130, Phil 6317, Hawai 48-3166

2.1.8 การปลูกอ้อย

หลังจากเตรียมดินยกร่องแล้ว นำท่อนพันธุ์มาวางแบบเรียงเดี่ยวหรือคู่ เสร็จแล้วกลบดินให้หนาประมาณ 3-5 เซนติเมตร ถ้าปลูกปลายฤดูฝนควรกลบดินให้หนาเป็น 2 เท่าของการปลูกต้นฤดูฝน ซึ่งการปลูกอ้อยปลายฝนหรือข้ามแล้งในช่วงเดือนตุลาคม ควรมีการเตรียมดินอย่างดีและเตรียมให้พอดีปลูกใน 1 วัน เมื่อยกร่องแล้วควรปลูกตามทันที อย่ายกร่องทิ้งไว้พร้อมกับใส่ปุ๋ยรองพื้นที่มีธาตุอาหารครบทั้ง 3 อย่าง คือไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียมเช่นปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 25-50 กก/ไร่ และเมื่อปลูกแล้วก็รีบกลบดินให้หนาเพื่อเก็บความชื้นไว้ในดิน และจะใส่ปุ๋ยอีกครั้งเมื่ออ้อยอายุ ประมาณ 2-3 เดือนซึ่งอ้อยอยู่ในระยะแตกกอถึงย่างปล้อง ปุ๋ยที่ใช้ส่วนมากเป็นปุ๋ยที่มีธาตุไนโตรเจนอย่างเดียว เช่น ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ใส่ในอัตรา 25-50 กิโลกรัม /ไร่

หลังจากปลูกอ้อยแล้วประมาณ 15 หรือไม่เกิน 20-30 วัน อ้อยเริ่มงอกจนทั่ว แต่ถ้าเกิน 1 เดือนแล้ว อ้อยไม่งอกก็ควรปลูกซ่อมด้วยท่อนพันธุ์ทันทีถ้าดินมีความชื้นพอ ในช่วงอ้อยอายุระหว่าง 3-4 เดือนนี้เป็นระยะย่างปล้องของอ้อย ระวังอย่าให้ขาดน้ำ เพื่อให้ได้จำนวนลำต้นอ้อยที่เหมาะสม คือประมาณ 10,000 - 20,000 ลำ/ไร่ นอกจากนี้จะต้องกำจัดวัชพืชถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นมาก ถ้าวัชพืชมากจะทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงได้ การกำจัดวัชพืชอาจใช้แรงงานคน แรงงานสัตว์ หรือเครื่องทุ่นแรง เช่น จอบหมุน คราดสปริง พรวนเอนกประสงค์ รวมถึงการใช้สารเคมีซึ่งเป็นที่นิยมเพราะใช้กำจัดวัชพืชได้ผลดี แต่การใช้สารเคมีเวลาฉีดต้องระวังอย่าให้โดนโคนอ้อยเพราะอาจเป็นอันตรายต่ออ้อยได้

2.1.9 โรคและแมลงศัตรูอ้อย

โรคอ้อยที่พบในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด เช่น โรคใบขาว โรคใบด่าง โรคแส้ดำ โรคฟิจิ โรคลำต้นเน่าแดงและเส้นใบแดง โรคลำต้นแห้งและโรคเหี่ยวเน่า เป็นต้น ส่วนแมลงศัตรูอ้อยที่พบก็มีหลายชนิดเช่นกัน เช่น หนอนกอลาย หนอนกอสีชมพู หนอนกอสีขาว เพลี้ยหอยอ้อย แมลงหวี่ขาวอ้อย ปลวก แมลงนูนหลวงและด้วงหนวดยาว เป็นต้น ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูอ้อย คือ การใช้พันธุ์ต้านทาน ฉะนั้นคุณภาพของท่อนพันธุ์อ้อยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ และถ้าเป็นไปได้ควรจัดทำแปลงขยายพันธุ์ของตนเอง โดยการปลูกอ้อยที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะช่วยป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้

2.1.10 คุณค่าทางโภชนะของอ้อย

คุณค่าทางโภชนะของอ้อยมีความแปรปรวนมักขึ้นอยู่กับ พันธุ์ของอ้อย อายุการตัด สภาพดินฟ้าอากาศ การใส่ปุ๋ย และการจัดการต่างๆ โดยทั่วไปอ้อยจะมีโปรตีนค่อนข้างต่ำและมีเยื่อใยสูงแต่โคสามารถย่อยและใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเหล่านี้ได้ โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ได้จากเยื่อใยในอาหารหยาบชนิดอื่นๆ ซึ่งการมีเยื่อใยสูงในอ้อยจะทำให้การย่อย

ได้ของอ้อยต่ำในกระเพาะหมัก จะมีการสะสมของเยื่อใยอยู่ในกระเพาะหมักนานทำให้อัตราไหลของอาหารออกจากกระเพาะหมักช้าเป็นเหตุให้สัตว์กินได้น้อย อย่างไรก็ตามเยื่อใยจะช่วยการกระตุ้นการหลั่งน้ำลายของโคทำให้สภาพภายในกระเพาะหมักเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นผลทำให้มีการย่อยได้ของอาหารได้เร็วยิ่งขึ้น ในตารางที่ 2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอ้อยที่อายุต่างๆกันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดฝักอ่อน หญ้ารูซี่ และฟางข้าว (เมธาและฉลอง, 2533) และตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยสด ยอดอ้อย และชานอ้อย จะเห็นได้จากตารางทั้งสองว่าอาหารหยาบเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ โดยโปรตีนจะลดต่ำลงเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นแต่คาร์โบไฮเดรตพวกที่ละลายได้ง่ายจะสูงขึ้น

การนำอ้อยมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคนมควรทำการวางแผนการจัดการต่างๆ และปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อน เพื่อทำให้คุณค่าทางโภชนะมีระดับเหมาะสม และมีการใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้สัตว์ได้รับโภชนะอย่างเพียงพอต่อความต้องการส่งผลทำให้การให้ผลผลิตด้านต่างๆได้ตามศักยภาพของโคนม

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่างๆกันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพด หญ้ารูซี่ และ ฟางข้าว (% on DM basis)

Composition	Maize	Ruzi	Straw	Whole sugarcane				
				6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	15 เดือน	24 เดือน
% DM	33.4	23.2	95.0	22.3	21.4	29.0	30.4	31.5
% Ash	6.9	5.4	15.4	7.4	7.1	7.8	8.0	3.9
% CP	5.3	6.5	3.2	6.4	4.4	3.2	3.4	1.8
% CF	24.6	23.1	24.3	35.3	32.8	29.2	30.0	27.7
% NFE	61.0	49.5	42.3	47.7	52.4	58.9	57.2	65.5
% EE	2.2	2.4	1.5	3.2	2.6	1.6	1.4	1.1
% DMD	70.4	63.3	42.2	52.6	53.5	55.0	58.1	60.3

ที่มา: เมธาและฉลอง (2533)

2.1.11 การปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย

การนำต้นอ้อยสดทั้งต้นมาเลี้ยงโคนมจะทำให้โคเลือกกินและไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากเปลือกต้นอ้อยมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยลิกนินและซิลิกา ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งจะทำให้เปลือกต้นอ้อยแข็งทำให้โคกัดกินได้ยาก ดังนั้นจะต้องปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยก่อนนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

1) วิธีทางกายภาพ (Physical method) เป็นการทำให้ลักษณะรูปร่างเปลี่ยนแปลงให้มีขนาดเล็กลง เช่น การบด การอัดหรือการสับเป็นชิ้นเล็กๆ อาจจะใช้แรงงานคนสับเป็นท่อนสั้นๆ ยาวประมาณ 2-3 นิ้ว หรือใช้เครื่องสับโดยเครื่องจะตีและสับให้ต้นอ้อยทั้งต้นแตกเป็นชิ้นเล็กๆ ความยาวของชิ้นอ้อยที่สับขึ้นอยู่กับเครื่องที่ใช้สับ ซึ่งอ้อยที่สับแล้วจะมีความน่ากิน มีลักษณะนิ่มจึงทำให้สัตว์กินได้มากขึ้น อัตราการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักเร็วขึ้น ไม่เลือกกินและทำให้สูญเสียน้อยลง

2) วิธีใช้สารเคมี ปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย มีผลทำให้ส่วนประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง เมื่อนำมาเลี้ยงโคจะทำให้การกินได้เพิ่มมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างดีมีประสิทธิภาพ เช่น การหมักต้นอ้อยที่สับเป็นชิ้นเล็กด้วยยูเรีย เป็นต้น

2.1.12 การใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโค

ปัจจุบันในประเทศไทยมีรายงานวิจัยด้านการใช้อ้อยเป็นอาหารสัตว์น้อยมากซึ่งเป็นการยากที่จะชี้ให้ชัดเจนว่าควรใช้อ้อยเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบใดจึงจะเหมาะสมและดีที่สุด Preston and Leng (1987) ทำการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้ต้นอ้อย (Whole sugarcane) เป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งส่วนใหญ่มักจะเสริมคุณภาพด้วยยูเรียเพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้ รับ Fermentable nitrogen เพียงพอกับความต้องการ (โดยทั่วไปจะทำการเสริมในระดับ 0-4% ของต้นอ้อย DM) นอกจากนี้ยังทำการเสริมด้วยปลายข้าว (ประมาณ 1 กิโลกรัม/วัน) และแร่ธาตุผสมเล็กน้อย ผลการทดลองส่วนใหญ่สรุปได้ว่า น้ำหนักตัว การกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของยูเรียเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อไม่ได้เสริมปลายข้าว ในขณะที่เสริมยูเรียในระดับต่างๆกัน ผลปรากฏว่าการกินได้ต้นอ้อยจะต่ำ สัตว์น้ำหนักตัวลด แต่การย่อยได้ของต้นอ้อยเพิ่มขึ้น (Ferreiro et al., 1977)

การเสริมต้นอ้อยสดด้วยยูเรีย ยอดมันสำปะหลัง (Cassava tops) ต้น และใบกระถิน (Leucaena forage) ทำให้การกินได้อาหารโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่การกินได้ต้นอ้อยลดลง ซึ่งน่าจะมาจาก Substitution effect (Meyreles et al., 1977; Hulman and Preton, 1981) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตน้อยมาก (40 -140 กรัม/วันเมื่อเสริมด้วยยอดมันสำปะหลัง และ 60-200 กรัม/วัน เมื่อเสริมด้วยต้นและใบกระถิน)

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย (% on DM basis)

Composition	Whole Sugarcane	Cane tops	Bagasse
Nitrogen	0.4	0.9	0.4
Total sugar	48.0	25.0	3.0
Crude fiber	28.0	35.0	48.0
Cell wall	79.0	65.0	82.0
Ash	6.0	8.0	3.2
Hemicellulose	26.0	20.0	30.0
Cellulose	36.0	38.0	40.0
Lignin	10.0	7.0	12.0
Silica	3.0	1.8	2.0
Calcium	0.3	0.1	-
Phosphorus	0.3	0.4	-
Potassium	2.8	2.3	-

ที่มา: Rangnekar (1988)

อาหารเสริมที่ให้ผลตอบสนองต่อผลผลิตสัตว์สูงสุดเห็นจะเป็นปลายข้าวที่ระดับ 10-15% DM ของอาหารทั้งหมด กล่าวคือโคเนื้อจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นระหว่าง 600-900 กรัม/ตัว เมื่อเสริมต้นอ้อยสดด้วยปลายข้าววันละ 600-1,200 กรัม/ตัว (Preston et al., 1976) และกากน้ำตาลผสมยูเรียวันละ 1.8-2.2 กิโลกรัม/ตัว (Lopez et al., 1976) ปลายข้าววันละ 600-1,200 กรัม/ตัว และกากเมล็ดฝ้าย (Creek et al., 1976) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลายข้าวอุดมไปด้วยโปรตีน (amino acids) ไขมันและแป้งซึ่งเป็นโภชนะที่จำเป็นสำหรับสัตว์และแป้งจากปลายข้าวเป็นแป้งที่มีความสามารถไหลผ่านกระเพาะหมักได้สูง (bypass starch; Elliot et al., 1978a) นอกจากนี้ Elliot et al., (1978b) ยังพบว่าปริมาณของ Non-ammonia nitrogen จากจุลินทรีย์และจากอาหารที่สัตว์กินไหลผ่านไปยังลำไส้-เล็กเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อปริมาณปลายข้าวในอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลายข้าวไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทางหนึ่ง และโดยตัวของปลายข้าวเองมี Bypass protein ค่อนข้างสูง ด้วย Pate (1981) พบว่าการใช้ต้นอ้อยตัดสดขนาด 1 เซนติเมตร เลี้ยงโคเนื้อที่ระดับ 30% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) และ 60% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในการย่อยได้ของ DM, OM, NDF และ ADF แต่การกินได้และการเพิ่มน้ำหนักตัวที่ระดับ 30 % (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) สูงกว่า

ที่ระดับ 60% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) (10.68 กิโลกรัม/วัน, 9.35 กิโลกรัม/วัน และ 0.84 กิโลกรัม/วัน, 0.67 กิโลกรัม/วัน; P<0.01) ตามลำดับ)

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโคนมมีน้อย Alvarez and Preston (1976b) และ Alvarez, et al. (1977; 1978) ทดลองใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโคนมลูกผสม Brown Swiss x Zebu เสริมด้วยปลายข้าววันละ 500 กรัม/วัน และปล่อยให้โคลงแทะเล็มต้นและใบกระถิน (Protein bank) วันละ 3 ชั่วโมง ปรากฏว่าเมื่อโคแทะเล็มกระถินแล้วจะไม่กินปลายข้าวเลย ทำให้น้ำนมและน้ำหนักตัวโคลดลง ทั้งนี้ Alvarez and Preton (1976a) ให้เหตุผลว่าอาจเป็นเพราะผลของสาร Mimosine ซึ่งเป็นพิษ Harris, et al., (1983) พบว่าการใช้ต้นอ้อยหมัก (Sugarcane silage) ร้อยละ 25 (น้ำหนักแห้ง) ผสมในสูตรอาหาร TMR เลี้ยงโคนมระยะแรกของการให้นมถึงระยะกลางของการให้นม พบว่าการกินได้ (DMI) และผลผลิตน้ำนมต่ำกว่าการใช้ข้าวโพดหมักผสมในสูตรอาหาร TMR (17.2 กิโลกรัมต่อวัน, 18.5 กิโลกรัม/วัน; P<0.01) และ 23.2 กิโลกรัม/วัน , 24.9 กิโลกรัม/วัน; P<0.01 ตามลำดับ) แต่การเพิ่มน้ำหนักตัวมีแนวโน้มสูงกว่า (+8.8 กิโลกรัม/28 วัน และ +8.1 กิโลกรัม/28 วัน ตามลำดับ) การกินได้ลดลงเมื่อใช้ต้นอ้อยหมักเลี้ยงโคนมอาจจะเนื่องมาจากมีแอลกอฮอล์สูง แอลกอฮอล์ที่สูงนี้มาจากการละลายได้ของน้ำตาลในต้นอ้อยหมักสูง และมีการเจริญเติบโตอย่างมากของยีสต์

การเลี้ยงโคนมเพศผู้ด้วยฟางข้าวหมักยูเรีย (5%) ต้นอ้อยสด (อายุ 7 เดือน) สับเป็นชิ้นขนาด 1-2 นิ้ว และใช้ต้นอ้อยสดร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรีย พบว่า การใช้ต้นอ้อยสดร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรียเลี้ยงโคนมเพศผู้จะทำให้กินได้มากที่สุด (เมธา, 2540ข) โดยโคทุกตัวได้รับกากเมล็ดฝ้ายในระดับ 0.1% ของน้ำหนักตัว

2.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในกระเพาะหมัก

ในการเลี้ยงโคนมเพื่อให้ผลผลิตน้ำนมนั้น โคนมจะต้องได้รับโภชนะครบตามความต้องการ ในการจัดการการให้อาหารโคนมในบ้านเราอาหารหยาบเป็นอาหารหลักและต้องมีการเสริมด้วยอาหารข้นเพื่อให้โคได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการซึ่งการให้อาหารโคนมนั้นผู้เลี้ยงหรือผู้เกี่ยวข้องจะต้องเข้าใจว่าเป็นการให้อาหารทั้งแก่ตัวโคเองและเชื้อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเพื่อทำการหมักอาหารที่เป็นประโยชน์ในกระบวนการผลิตน้ำนมทั้งปริมาณและคุณภาพต่อไป

ระบบการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะในส่วนความสามารถในการย่อยได้ของอาหารเยื่อใยที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้โดยอาศัยเอ็นไซม์จากตัวสัตว์เอง ดังนั้น การย่อยอาหารเยื่อใยจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยเอ็นไซม์จากสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งได้แก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะหมักนั่นเอง ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตรซัวและเชื้อรา

ขบวนการย่อยอาหารของโคนมเริ่มขึ้นตั้งแต่อาหารเข้าสู่ปาก ซึ่งเป็นการย่อยด้านกายภาพโดยการบดเคี้ยว ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง อาหารมักจะถูกกินเข้าไปอย่างรวดเร็ว และปราศจากการ

เคี้ยวอย่างละเอียดจะถูกผสมคลุกเคล้าเข้ากันกับน้ำลายภายในปาก เพื่อให้ลื่นพร้อมที่จะกลืนเข้าสู่กระเพาะหมักและเรติคูลั่มในรูปของก้อนอาหาร (Bolus) (ในน้ำลายของโคมี pH 8.1-8.3 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง และมีส่วนสำคัญในการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก นอกจากนั้นยังประกอบไปด้วย อนินทรีย์สารและยูเรีย ที่มีความเข้มข้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแอมโมเนียในรูเมน และความเข้มข้นของยูเรียในเลือด) และกระบวนการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในส่วนนี้เรียกว่า กระบวนการหมัก โดยกระเพาะหมักเป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุดทำหน้าที่เสมือนถังหมัก ภายในบรรจุอาหารที่คลุกเคล้ากับน้ำลายและมีขบวนการหมัก (Fermenation) โดยจุลินทรีย์ ทั้งนี้กระเพาะหมักไม่สามารถผลิตน้ำย่อยได้เอง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอาหารหรือการย่อยอาหารเกิดขึ้นโดยเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์

2.2.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก

พลังงาน 50-60% ของพลังงานทั้งหมดที่โคใช้ประโยชน์มาจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่กินเข้าไป เช่น หญ้าและถั่ว จะมีคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูป ของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และฟรุคโตเซน ส่วนในเมล็ดธัญพืชจะอยู่ในรูปแป้ง พืชหัวอยู่ในรูปซูโครส ซึ่งคาร์โบไฮเดรต (CHO) เป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นของจุลินทรีย์ (Microorganism) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เป็น Host พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ถูกสัตว์นำมาใช้โดยอาศัยการผ่านกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะได้เป็น Short-chain organic acid ซึ่งมักเป็นพวกกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid: VFAs) และจัดเป็น Metabolic substance ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นด้วย เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตแทบทั้งหมดจะถูกหมักที่กระเพาะหมัก ส่วนที่จะหลุดรอดไปได้จะเป็นพวกน้ำตาลซึ่งมีจำนวนน้อยมาก (วิศิษฐิพร, 2542)

ขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เกิดที่ Fore stomach และเกิดต่อเนื่องกันตลอดกระบวนการหมัก ทำให้ไม่มีการย่อยคาร์โบไฮเดรต หลงเหลือไปสู่ลำไส้เล็ก เป็นผลให้ได้รับกลูโคสไม่เพียงพอต่อความต้องการจากขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับน้ำตาลกลูโคสจากขบวนการ Gluconeogenesis ซึ่งมี Precursor ตัวสำคัญคือ Propionate โดย Propionate จะถูกเปลี่ยนเป็น Succinate แล้วเข้าสู่ Kreb cycle ได้เป็น Oxaloacetate ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกลูโคส สำหรับ VFAs ตัวอื่นๆ เช่น Acetate และ Butyrate สามารถเข้าสู่ Kreb cycle แต่เป็น Long chain fatty acid คือ จะเข้าสู่ Cycle ในรูปของ Acetyl coA แต่เนื่องจาก Acetyl coA ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Oxaloacetate หรือ กลูโคสได้ นอกจาก Propionate แล้วก็มีกรดอะมิโน ซึ่งได้จากการดูดซึมที่ลำไส้ที่เป็น Substrate ของการสร้างกลูโคสโดยขบวนการ Gluconeogenesis ซึ่ง Propionate เกือบทั้งหมดที่ถูกดูดซึมที่กระเพาะหมักจะถูกดึงไปสู่ตับผ่านทาง Portal vein จึงแสดงว่า Propionate ทั้งหมดถูกนำไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับ ส่วนการสร้าง Fatty acid ของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเกิดที่ Adipose tissue เท่านั้นไม่สร้างที่ตับ และก็จะใช้ Acetate (ไม่ใช้กลูโคส) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีมากที่สุดใน

สัตว์เคี้ยวเอื้องมาเป็น Substrate กลูโคสจะถูกนำมาใช้เพียงกรณีเดียว คือสร้างกลีเซอรอลเพื่อใช้ในการสร้างไตรกลีเซอไรด์ ในสัตว์ที่กำลังให้นม Fatty acid ที่จะเป็น Fat ในน้ำนมถูกสร้างมาจาก Acetate หรือ Ketone bodies โดยไม่ใช้กลูโคส (ประภาพร, 2538)

อาหารคาร์โบไฮเดรตเมื่อเข้าสู่กระเพาะหมักจะถูกย่อยโดย Hydrolytic enzyme ของจุลินทรีย์ผลที่ได้คือ กลูโคส โมโนแซคคาไรด์ต่างๆ ตลอดจน Shortchain polysaccharide ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาสู่ของเหลวรอบๆเซลล์ของแบคทีเรียผลผลิตเหล่านี้จะถูกเมทธาบอลิซึมต่อไปโดยจุลินทรีย์โดยสัตว์ที่เป็น Host ไม่สามารถนำไปใช้ได้กลูโคสและน้ำตาลต่างๆจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเข้าสู่ Glycolytic pathway (Embden Meyerhof pathway) โดยกลูโคสจะเป็น Key product ของขบวนการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็น VFAs โมเลกุลของกลูโคส จะถูกเปลี่ยนเป็น 2 โมเลกุลของ Pyruvic acid (3 คาร์บอน) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและจาก Pyruvic acid จะสามารถเปลี่ยนเป็น VFAs ใดๆ ก็ได้ Pyruvic acid จึงเป็น Key production ตัวที่ 2 ของ CHO metabolism ในกระเพาะหมัก VFAs คือ Acetic acid, Propionic acid และ Butyric acid จึงเป็นผลผลิตสุดท้ายของขบวนการย่อย คาร์โบไฮเดรตโดย Fermentative digestion โดยปกติ Acetic acid นอกจากเป็นผลผลิตหลัก ของ CHO fermentation จึงมีความสำคัญมากใน Ruminant nutrition เพราะเป็น Major energy source โดยเฉพาะในสัตว์ที่ให้นม Acetate เป็นสารสำคัญในการสร้างไขมันในน้ำนม หากมีการรบกวนขบวนการสร้าง Acetate จะมีผลให้การสร้างไขมันในน้ำนมลดต่ำลงอย่างไรก็ตามทั้ง CO_2 และ Methane (CH_4) ที่ได้จากขบวนการสร้าง Acetic acid และ Butyric นั้นเป็นการสูญเสียพลังงาน เพราะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่การสร้าง Propionic acid ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นขบวนการสร้าง Propionic acid จึงเป็นขบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการสร้าง Acetic หรือ Butyric acid สัดส่วนของการสร้าง VFAs ชนิดต่างๆ สามารถดูจากความเข้มข้นของ VFAs เหล่านี้ใน Ruminal fluid โดยปกติจะเป็น Acetic:Propionic:Butyric = 70:20:10 เมื่อให้ High fiber diet และเป็น 60:30:10 เมื่อให้ High starch diet อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวเป็นสัดส่วนไม่ใช่ค่าปริมาณที่แท้จริง ดังนั้นในกรณีของการให้ High starch diet จะมีค่าปริมาณ Acetic acid สูงกว่า (แม้มีสัดส่วนของ Acetic acid ต่ำกว่า) VFAs จะถูกดูดซึมเข้าสู่ Portal blood โดยผ่านผนังกระเพาะหมัก (ประมาณร้อยละ 76) บางส่วนดูดซึมที่ Abomasum และ Omasum (ร้อยละ 19) และมีจำนวนน้อยผ่านไปสู่ลำไส้เล็ก (ร้อยละ 5) (ประภาพร, 2538)

ขบวนการย่อยและเมทธาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต พอสรุปได้ดังนี้

Hexose $\longrightarrow$ 2 Pyruvate+4H+2ATP

2 Pyruvate+H_2O $\longrightarrow$ 2Acetate+CO_2 + 2H + ATP

2 Pyruvate+4H $\longrightarrow$ 2Propionate +H_2O +ATP

2Pyruvate $\longrightarrow$ Butyrate+2CO_2 +2ATP

การดูดซึมกรดไขมันระเหยได้ (VFAs) เกือบทั้งหมดจะถูกดูดซึมที่ Forestomach โดย Rumen epithelium จะ Form papillae เพื่อเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวเพื่อการดูดซึม ในกลไกการดูดซึม VFAs นี้ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) จะมีอิทธิพลสำคัญต่อขบวนการดูดซึมเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ pH จะมีผลให้ VFAs เปลี่ยน Formไปมาระหว่าง Ionic form กับ Free-acid form เมื่อมี Na-H exchange ของ Epithelium cell จะมีผลลด pH ที่บริเวณ Absorptive surface หรือมี CO_2ซึ่งเกิดจากขบวนการหมัก จะมีผลให้ VFAs เปลี่ยนจาก Ionic form ซึ่งเป็น Form ปกติ ไปเป็น Free-acid form ที่ Cell membrane จะ Permeable ต่อ VFAs free-acid form จึงทำให้ VFAs ถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์โดยอาศัย Concentration gradient ระหว่าง Lumen กับเซลล์ โดย VFAs พวก Acetate จะถูก Oxidized ภายในเซลล์และส่วนที่เหลือจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดในรูป Acetate ส่วนพวก Propionate ส่วนมากถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด มีส่วนน้อยถูกเปลี่ยนเป็น Lactate ภายในเซลล์และพวก Butyrate จะถูกเปลี่ยนเป็น Beta-hydroxybutyrate ก่อนจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด (ประภาพร, 2538)

2.2.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน

จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะแบคทีเรีย จะทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์เข้าย่อยสลายโปรตีน กิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาหาร ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมัก ระดับของแอมโมเนียในกระเพาะหมักถ้าต่ำจะทำให้การย่อยสลายของโปรตีนสูงขึ้น ส่วน pH ที่เหมาะสมต่อการเข้าย่อยสลายโปรตีนจะอยู่ระหว่าง 6-7 แต่ pH ไม่ได้มีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยโปรตีนต่างกัน (Ørskov, 1986) โปรตีนจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เปปไทด์ และกรดอะมิโน ต่อจากนั้นจะมีการผลิตแอมโมเนียและกรดอินทรีย์โดยขบวนการ Deamination จุลินทรีย์จะจับแอมโมเนีย เปปไทด์สายสั้นๆ และกรดอะมิโนอิสระไปสร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง (Microbial protein) ประมาณร้อยละ 80% ของโปรตีนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยแอมโมเนีย อีกร้อยละ 20 ใช้กรดอะมิโนโดยตรง ประมาณร้อยละ 60-65 ของไนโตรเจนในอาหารจะถูกย่อยในกระเพาะหมัก ปริมาณของไนโตรเจนที่ถูกย่อยร้อยละ 29 จะถูกใช้ประโยชน์ในรูปของกรดอะมิโนและร้อยละ 71 จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของชนิดโปรตีนแต่ละชนิดการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก จะเพิ่มการผลิตกรดไขมัน และการย่อยสลายกรดอะมิโนพวก Aspartic, Glutamic, Serine, Arginine, Cysteine และ Cystine จะทำให้ได้ผลผลิตคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย VFAs ซึ่ง VFAs เหล่านี้อาจถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะหมักหรือถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนในรูปของ Carbon skeletons ระดับของโปรตีนในอาหารและความสามารถในการละลายได้ จะมีอิทธิพลต่อการผลิตแอมโมเนียมาก (Moorby et al,. 2000) แอมโมเนียที่ไม่ถูกนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมักหรือผ่านผนังของระบบทางอาหารส่วนล่าง โดยการขนถ่ายผ่านเส้นเลือด Portal vein ไปยังตับ ส่วนกรดอะมิโนนั้นจะถูกดูดซึมในกระเพาะหมักน้อยมาก โปรตีนที่

ผ่านมายังกระเพาะจริงและลำไส้เล็ก จะมาจาก 3 แหล่ง คือ โปรตีนในอาหารที่ผ่านออกจากกระเพาะหมัก (By- pass protein) โปรตีนของจุลินทรีย์และโปรตีนที่ได้จากระบบภายในของสัตว์ (เนื้อเยื่อที่หมดอายุหรือน้ำย่อยต่างๆ) โปรตีนเหล่านี้จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากกระเพาะจริง ตับอ่อนและลำไส้เล็กให้มีอนุภาคเล็กลงเป็นพวกกรดอะมิโนแล้วร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2.3 สัดส่วนอาหารโปรตีน (ไนโตรเจน) และพลังงาน

การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนที่ย่อยได้จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณพลังงาน ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ โดยจะต้องให้สัดส่วนของไนโตรเจนต่อพลังงานพอเหมาะ (8.38 gRDP/MJME; ARC 1980; 1984) จะทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด เซลล์ของจุลินทรีย์จะได้รับพลังงานจาก VFAs โดยการหมักกลูโคสและได้รับไนโตรเจนจากแอมโมเนีย สำหรับการสร้างโปรตีน การแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์ ถ้าสัตว์ได้รับพลังงานและโปรตีนในระดับต่ำจะทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง และถ้าให้โคได้รับอาหารที่มีพลังงานในระดับสูงแต่มีโปรตีนในระดับต่ำก็จะทำให้การย่อยได้ของไนโตรเจนลดลง การสังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ลดลง หรือได้รับโปรตีนมากกว่าพลังงานก็ทำให้อัตราการสร้างโปรตีนการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์ลดลงเหมือนกัน

ในอาหารที่มีระดับพลังงานคงที่และโปรตีนระดับต่างๆ ปริมาณไนโตรเจนที่กินได้จะมีผลกระทบต่อเมทธาบอลิซึมของพลังงาน กล่าวคือ เมื่อปริมาณไนโตรเจนในอาหารต่ำ ปริมาณอาหารที่กินได้จะถูกจำกัด เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักลดลง มีผลทำให้อัตราความเร็วในการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะหมักลดลง และถ้าสัตว์ได้รับปริมาณโปรตีนเกินกว่าระดับที่เหมาะสมแล้ว จะมีผลทำให้ความสมดุลของพลังงานลดลง ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สุทธิของพลังงานจะลดลง การลดลงของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายในอาหารจะมีผลทำให้การย่อยสลายของวัตถุแห้ง เฮมิเซลลูโลส และแป้งในกระเพาะหมักลดลง (Amos, 1986)

2.3 จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักนั้นมีอยู่มากและต่างสปีชีส์กัน ที่พบนั้นไม่ได้มีแหล่งกำเนิดเพียงในกระเพาะหมักเท่านั้นแต่อาจติดมากับอาหารหรือมากับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เนื่องจากสภาวะภายในกระเพาะหมักนั้นเป็นสภาวะไร้ออกซิเจนและมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง จึงทำให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอาหารและมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในกระเพาะหมักจะเป็นพวก แบคทีเรีย โปรโตซัว และรา

2.3.1 แบคทีเรีย (Anaerobic bacteria) เป็นจุลินทรีย์หลักสำคัญที่มีบทบาทมากที่สุดในกระเพาะหมักที่สร้างผลผลิตที่มีผลทั้งบวกและลบแก่ตัวสัตว์และต่อระบบนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักเองโดยกระจายอยู่ในกระเพาะหมัก เช่น ลอยตัวอยู่กับของเหลวในกระเพาะหมักประมาณ 30%

เกาะอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปประมาณ 70% นอกจากนี้ยังเกาะติดอยู่กับผนังรูเมน แบคทีเรียเหล่านี้จะทำให้เกิดการหมักของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ใน Cell wall ของพืชซึ่งประกอบด้วยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสเป็นหลักจุลินทรีย์มีอยู่ปริมาณมากใน Reticulo-rumen สามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามส่วนต่างๆในกระเพาะหมักที่แบคทีเรียยึดเกาะอยู่หรือจำแนกตามการใช้ประโยชน์อาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ แบคทีเรียที่สำคัญมีหลายกลุ่ม (Genus) คือ (วิศิษฐิพร, 2538)

Cellulolytic bacteria ย่อยสลาย cellulose เช่น *Bacteroides succinogenes*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus* เป็นต้น

Hemicellulolytic bacteria ย่อยสลาย hemicellulose เช่น *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Ruminococcus flavefaciens* และ *Ruminococcus albus* เป็นต้น

Amylolytic bacteria ย่อยสลายพวกแป้ง เช่น *Streptococcus bovis*, *Succinimonas amylolytica* และ *Bacteroides amylophilus* เป็นต้น

Sugar-utilizing เช่น *Lactobacillus vitulinus*, *Lactobacillus ruminus* และ *Treponema bryantii* เป็นต้น

Proteolytic เช่น *Bacteroides amylophilus*, *Butyrivibrio fibrisolvens* และ *Streptococcus bovis* เป็นต้น

Lipid-utilizing เช่น *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Anaetovibrio lipolytica* และ *Treponema bryantii* เป็นต้น

2.3.2 รา (Fungi) เชื่อว่าราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เข้าไปย่อยโครงสร้างของเยื่อใย โดยไปลดความตึงของพันธะระหว่างเส้นเยื่อใยจึงทำให้การจับยึดแน่นของอนุภาคอาหารลดลง ส่งผลทำให้จุลินทรีย์อื่นๆเข้าไปยึดเกาะและทำการย่อยได้ดีและเร็วขึ้น ราที่พบในกระเพาะหมักมีวงจรชีวิตแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่เคลื่อนไหวได้ และระยะหยุดการเคลื่อนไหว (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้รายังสามารถทำลายพันธะระหว่างสารประกอบเฮไมเซลลูโลสและลิกนิน และสารประกอบแพคตินและลิกนินแต่จะไม่ได้ย่อยลิกนินโดยตรง ซึ่งจะช่วยให้เยื่อใยที่ครอบคลุมไว้โดยลิกนินได้มีโอกาสทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นเข้าไปย่อยสลายได้ดีขึ้น (เมธา, 2533) ราในกระเพาะหมักจะเป็นพวก Anaerobic fungi เช่น Anaerobic phycomycetous fungi เป็นต้น อาจมีปริมาณถึง 8% ของจุลินทรีย์ทั้งหมด

2.3.3 โปรโตซัว (Protozoa) โปรตัวซัวมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย ส่วนใหญ่เป็นพวกมีขนหุ้มตัว (Ciliate protozoa) แหล่งอาหารที่สำคัญของโปรโตซัว คือ โปรตีน น้ำตาลและแป้ง ซึ่งการกินอาหารของโปรโตซัวนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมันสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูป Amylopectin เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ และถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวนี้สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (Acidosis) ในกระเพาะหมักได้บทบาทของโปรโตซัวในกระเพาะหมักนั้นมีการศึกษาน้อย แต่การที่โปรโตซัว

กินแบคทีเรียเป็นอาหารจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร โดยเฉพาะแบคทีเรียพวกที่ย่อยสลายเยื่อใยในกระเพาะหมักลดลงและทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ลดลงด้วย จำนวนโปรโตซัวจะเพิ่มจำนวนหลังกินอาหารใหม่ๆ และจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ ต่างจากแบคทีเรียที่จะเพิ่มจะจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ หลังกินอาหาร (Goad et al., 1998) โปรตัวซัวแบ่งเป็น 2 กลุ่ม (Genus) คือ Holotrichs และ Entodiniomorphs

Holotrichs สามารถย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและยังมีการสร้าง Acetic acid, Butyric, Lactic, Propionic acids และได้ไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกมาในเวลาเดียวกัน

Entodiniomorphs (Oligotrichs) บางชนิดสามารถย่อยเซลลูโลสได้ Acetic acid, Butyric, Lactic และบางชนิดสามารถผลิตแก๊สแอมโมเนีย

2.3.4 หน้าที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก คือ ย่อยสลายเยื่อใยจึงทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้ซึ่งจำนวนประชากรของจุลินทรีย์จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับ Fermentation และ digestion นอกจากนี้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักยังทำหน้าที่ในการสร้างสารอาหารต่างๆให้แก่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้แก่ วิตามิน บี ซีและเค สร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ (Microbial protein) และกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จาก Non-protein nitrogen เช่น ยูเรีย เป็นต้น ให้ไปเป็นโปรตีนของตัวจุลินทรีย์เอง

2.3.5 สภาพนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งสภาพนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะถูกควบคุมโดยความสมดุลของนิเวศน์วิทยาภายในกระเพาะหมักเอง จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักส่วนใหญ่เป็นพวก Obligate anaerobes คือ จะอยู่ได้ในสภาพที่มีออกซิเจนอยู่บ้าง อาจถูกนำมาใช้ประโยชน์ในขบวนการหมักโดยใช้เป็นตัวให้อิเลคตรอน แต่การมีระดับของออกซิเจนมากเกินไปอาจจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์พวกนี้ได้ ระดับของออกซิเจนที่มีจะทำให้ความสมดุลเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งการสังเคราะห์ก๊าซมีเธนในกระเพาะหมัก การดูดซึมกรดที่ผลิตได้ในกระเพาะหมัก จะมีผลกระทบต่อความสมดุลในกระเพาะหมัก

กระบวนการหมักในกระเพาะหมักที่มีประสิทธิภาพ จุลินทรีย์ต้องอาศัยอยู่ในกระเพาะหมักในสภาวะไร้ออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.0-7.0 อุณหภูมิ 39-40 องศาเซสเซียส (เมธา, 2533) ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) (15-30 mg%) พบว่าแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใยสามารถใช้ประโยชน์จาก NH_3-N ในระดับสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะหมัก ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มสัดส่วนของโปรตีน:พลังงาน (P/E) ให้สูงขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำนมและมีส่วนช่วยลดระดับของความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งใน

การลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ ผลผลิตจากกระบวนการหมักและอาหารสัตว์ที่กินเข้าไปจะเป็นตัวกำหนดสภาวะในกระเพาะหมัก ในการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะมีปัจจัยหลักๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ความเข้มข้นของสารอาหารที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ใน Rumen fluid เช่น กลูโคส กรดอะมิโน เปปไทด์ แอมโมเนีย และแร่ธาตุ (ซัลเฟอร์ โปแตสเซียมและฟอสฟอรัส)

2) ความต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์

3) การเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

4) การเข้าทำลายแบคทีเรียของโปรโตซัว

2.3.6 ความสำคัญของระดับ pH ในกระเพาะหมักต่อประชากรของจุลินทรีย์ ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักมีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการเกิดกรดชนิดต่างๆ จุลินทรีย์พวกที่ย่อยเยื่อใยเจริญและทำงานได้ดีที่ pH ประมาณ 6.2-6.8 และจะลดประสิทธิภาพลงเมื่อ pH ต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิตกรดอะซิติกลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะชอบ pH ที่เป็นกรดมากกว่า คือประมาณ 5.2-6.0 ทำให้มีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีที่ pH ต่ำกว่า 6 ก็มีผลเสียต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.5 นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลคติก ทำให้มีกรดแลคติกสะสมมาก และถ้า pH ยิ่งต่ำกว่านี้อีก เช่น 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะทนอยู่ไม่ได้ การสร้างกรดโพรพิโอนิกจะลดลงและยังเป็นอันตรายต่อทั้งจุลินทรีย์และตัวสัตว์ได้ โดยสัตว์จะเกิดโรค Acidosis (บุญล้อม, 2541ข)

2.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Factors affecting the intake of ruminants)

การควบคุมความอยากอาหารอยู่ที่สมองส่วน Hypothalamus ซึ่งเป็นส่วนของ Ventral ของ Diencephalon ที่ Hypothalamus มีศูนย์ควบคุมเกี่ยวกับความอยากอาหารคือ Lateral hypothalamus ซึ่งหากกระตุ้นที่บริเวณนี้สัตว์จะกินอาหารตลอดเวลาไม่ว่าจะหิวหรือไม่ แต่ถ้าบริเวณนี้ถูกทำลายสัตว์จะไม่กินอาหารจนกระทั่งตาย ศูนย์ที่ควบคุมอีกที่คือ Ventro-medial hypothalamus หากกระตุ้นบริเวณนี้สัตว์จะเบื่ออาหาร แต่ถ้าหากบริเวณนี้ถูกทำลายสัตว์จะกินอาหารอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากไม่มีขบวนการยับยั้ง Feed intake และไม่สามารถควบคุมความอยากอาหารได้

การกินอาหารของสัตว์นั้นจะขึ้นอยู่กับความพอใจของสัตว์เองว่าจะกินอาหารในระดับใดจึงเพียงพอกับความต้องการของตัวสัตว์เอง ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการจัดการการให้อาหารสัตว์ การควบคุมความอยากกินอาหารของสัตว์นั้นจะถูกควบคุมจากสมองส่วน Hypothalamus เป็นส่วน Ventral ของ Diencephalon เป็นส่วนควบคุมความอยากอาหาร ความอยากอาหาร (Appetite) หมายถึงการเรียนรู้ หรือพฤติกรรมที่ตอบสนองต่ออาหาร ในขณะที่ความหิวเป็นความต้องการอาหารของร่างกายหลังจากการอดอาหารในช่วงระยะเวลาหนึ่งและเนื่องจากว่าการให้

อาหารแก่สัตว์ในปัจจุบันนั้นคำนึงในเรื่องค่าใช้จ่ายเพราะการเลี้ยงสัตว์ส่วนมากเป็นเรื่องเศรษฐกิจ และต้องคำนึงถึงความน่ากินด้วยเพราะถึงแม้ว่าในอาหารจะประกอบโภชนะครบถ้วนเพียงใดก็ตาม แล้ว ถ้าไม่มีความน่ากินอาหารนั้นก็ไม่มีประโยชน์ ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมอาหารของสัตว์จะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลักๆ 2 ประการคือ

2.4.1 Metabolic factor คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการทางโภชนะของตัวสัตว์ และความสามารถของสัตว์ที่จะใช้ประโยชน์จากอาหารที่กินเข้าไป ในการควบคุมการกินอาหารของสัตว์สามารถที่จะพิจารณาจากการที่สัตว์พยายามที่จะปรับความสมดุลของพลังงานภายในร่างกายโดยการปรับเปลี่ยนปริมาณการกินอาหารที่อยู่ในรูปของพลังงานเป็นสัดส่วนกับความต้องการพลังงานของตัวสัตว์เอง รวมทั้งพยายามปรับให้เข้ากับสภาพทางสรีรวิทยาของตัวสัตว์ในแต่ละระยะนั้น เช่น อายุ ขนาด น้ำหนัก การตั้งท้อง การให้ผลผลิตและพยายามปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของอากาศในขณะนั้น

2.4.1.1 อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสัตว์จะรักษาระดับความร้อนในร่างกายอันเนื่องจากขบวนการเมทธาบอลิซึมในร่างกายให้สมดุลกับอุณหภูมิภายนอกร่างกาย ซึ่งจะเห็นได้ว่าในช่วงของฤดูหนาวนั้น สัตว์จะกินอาหารมากเพื่อที่จะสลายให้ได้พลังงานเพียงพอต่อการให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย ในขณะที่ในช่วงฤดูร้อนสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง จากการสังเกตสัตว์สามารถที่จะปรับลักษณะการกินอาหารตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแต่มีผู้เสนอว่าส่วนหน้าของไฮโปทา-ลามัสมีส่วนรับผิดชอบในการควบคุมการกินอาหารมากกว่า และกล่าวว่าอุณหภูมิไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง แต่กิจกรรมของตัวสัตว์เองที่มีส่วนมากกว่า อย่างไรก็ตามเรื่องนี้ก็ยังไม่สรุปได้แน่นอนว่าอะไรคือปัจจัยที่แท้จริงในการควบคุม (พานิช , 2535)

2.4.1.2 สรีรวิทยาการควบคุมการกินอาหารเริ่มจาก End products ของการย่อยและเมทธาบอลิซึมจะเป็นตัวกระตุ้นระบบประสาทรับความรู้สึกที่อยู่ใน Gastrointestinal tract, Hepatic portal system, Adipose tissue และ Peripheral และ Cerebrospinal fluid เมื่อส่วนต่างๆเหล่านี้รับสภาพทางโภชนะซึ่งจะมีการกระตุ้นจากอาหารอยู่ 2 ประเภท คือ Chemical stimuli และ Mechanical stimuli ก็จะส่งสัญญาณกลับไปยังระบบประสาทรับรู้ที่สมอง และสมองจะสั่งการควบคุมการกินอาหาร คือให้หยุดกินอาหารหรือกินอาหาร (วิศิษฐิพร, 2538)

2.4.1.3 End products จากการย่อยพลังงานในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่จะเป็น VFAs ซึ่ง VFAs เหล่านี้จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการควบคุมการกินอาหาร VFAs ที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ Propionate และAcetate ซึ่งอาหารที่ย่อยได้ VFAs ทั้งสองนี้มีมาก จะทำให้สัตว์หยุดกินอาหารเพราะ VFAs ทั้งสองตัวนี้เป็นตัวที่ทำให้เกิดการส่งสัญญาณความอิ่ม (Satiety) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ส่วน VFAs อีกชนิดหนึ่งคือ Butyrate มีบทบาทน้อย สำหรับ Lactate อาจมีผลทำให้เกิดการลดการเคลื่อนไหวของกระเพาะอาหาร ไม่ใช่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการหยุดกินอาหารเพราะความอิ่ม

ส่วนสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ Reticulo-rumen จะมีส่วนในการส่งสัญญาณการควบคุมการกินอาหารเช่นเดียวกับ VFAs กล่าวคือ ถ้า pH ใน Reticulo-rumen ลดลง จะมีส่วนทำให้สัตว์หยุดกินอาหาร อย่างไรก็ตามระดับของ pH ในกระเพาะหมักจะเป็นตัวกำหนดการกินอาหารเฉพาะในระยะสั้นๆเท่านั้นเพราะระดับ pH มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (วิศิษฐิพร, 2538)

2.4.2 Physical factor คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของสัตว์ที่จะกินอาหาร ความจุของกระเพาะอาหารและความสามารถในการย่อยอาหารในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเป็นอาหารหลัก ปริมาณการกินอาหารของสัตว์จะถูกจำกัดโดยความจุของกระเพาะ ทั้งนี้สังเกตุได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะหยุดกินอาหารก่อนที่จะได้รับพลังงานเพียงพอตามความต้องการ ปัจจัยทางกายภาพมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนี้

2.4.2.1 การขยายตัวของ Reticulo-rumen สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบ จะกินอาหารได้จำนวนหนึ่งซึ่งคงที่ตามความจุของกระเพาะ กล่าวคือเมื่อสัตว์กินอาหารหยาบเข้าไประดับหนึ่งจนกระทั่งกระเพาะไม่สามารถที่ขยายตัวรับอาหารเข้าไปได้อีก สัตว์จะหยุดกินอาหาร ซึ่งการขยายตัวของกระเพาะจะถูกกำหนดโดยความจุของช่องท้อง (Abdominal cavity) อีกทีหนึ่ง ในสัตว์ที่อ้วนมากๆจะกินอาหารได้น้อยกว่าสัตว์ที่ผอม เนื่องจากไขมันจะแย่งพื้นที่ในช่องท้องทำให้ความจุในช่องท้องลดลง เป็นผลทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง (วิศิษฐิพร, 2538)

2.4.2.2 การตั้งครรภ์ ตามปกติการตั้งครรภ์ในช่วงแรกของสัตว์จะทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มมากขึ้นเพื่อใช้ในการเจริญของตัวอ่อน แต่ในช่วงระยะใกล้คลอดสัตว์จะกินอาหารลดลงเนื่องจากความจุอาหารในช่องท้องลดลง

2.4.2.3 ความจำกัดทางด้านกายภาพของช่องว่างภายใน ปัจจัยควบคุมทางกายภาพจะเกี่ยวข้องถึงความสัมพันธ์ระหว่างความจุของระบบทางเดินอาหาร ส่วนประกอบที่เป็นเยื่อใยในอาหาร อัตราการย่อยสลายของอาหารดังกล่าวและการไหลผ่านของอาหาร ฉะนั้นส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายจะเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญทำให้จำกัดการกินได้ของอาหารสัตว์ นอกจากคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการกินได้ของอาหารในแต่ละมื้อแล้วยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบ (Patern) การกินอาหารของสัตว์อีกด้วย กล่าวคือถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นหรือเมล็ดธัญพืชเป็นอาหาร สัตว์จะกินอาหารมื้อนั้นในปริมาณที่มาก แต่จะกินไม่บ่อย แต่ถ้าให้กินอาหารหยาบเป็นจำนวนมาก สัตว์จะกินอาหารนั้นครั้งละน้อยๆแต่จะกินบ่อยครั้ง (วิศิษฐิพร, 2538)

2.4.2.4 อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร อัตราการย่อยสลายทางกายภาพ และทางเคมี ความสามารถในการบีบรัดกล้ามเนื้อของกระเพาะและขนาดของ Reticulo-omasal orifice (วิศิษฐิพร, 2538)

ถ้าส่วนประกอบเคมีของอาหารประกอบด้วยส่วนที่ย่อยได้ง่าย เช่น Soluble carbohydrate ในปริมาณมาก Digesta ก็จะไหลผ่านไปได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารที่ประกอบไปด้วย Structural carbohydrate ที่ย่อยได้ยากหรือประกอบด้วยไฟเบอร์ ที่ย่อยได้ยากในปริมาณมาก อาหารจะถูกย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่าน Reticulo-rumen ได้ช้า

อัตราการย่อยสลายทางกายภาพและทางเคมี ก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ถ้าย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่านได้ช้า ถ้าย่อยสลายเร็วก็จะผ่านไปได้เร็ว ความสามารถในการบีบรัดของกล้ามเนื้อของกระเพาะ ถ้ามีการบีบรัดกล้ามเนื้อของกระเพาะหมักรุนแรงและบ่อยครั้ง Digesta ก็จะถูกดันให้ผ่าน Reticulo-omasal orifice ได้มาก ขนาดของ Reticulo-omasal orifice ถ้ามีขนาดใหญ่ Digesta ก็จะผ่านได้สะดวก

ระดับการกินได้ของอาหารจะมีผลต่ออัตราการไหลผ่านของอาหารออกจาก Reticulo-rumen กล่าวคือ เมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้นปริมาตรของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen fluid volume) เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งใน Digesta และอัตราการไหลผ่าน (Rate of passage) จะเพิ่มขึ้น การตั้งท้อง การออกกำลังกาย อุณหภูมิ ความถี่ในการกินอาหาร (Frequency of feeding) และช่วงเวลาในแต่ละวันจะเปลี่ยนแปลงปริมาตรของกระเพาะหมักและการเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะหมัก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลผ่าน Digesta ด้วยการที่อาหารถูกเก็บกักไว้ใน Reticulo-rumen เรียกว่า Retention of feed ซึ่งจะทำให้โอกาสในการหมักอาหารโดยจุลินทรีย์มีมากขึ้น โดยทั่วๆไปร้อยละ 60 ของอินทรีย์วัตถุจะถูกย่อยภายใน Reticulo-rumen ระยะเวลาที่ถูกเก็บกัก (Retention time) ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กินเข้าไป (ถ้าสัตว์กินอาหารได้มาก Retention time จะลดลง) สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (ถ้าอาหารหยาบต่ออาหารข้นมาก Retention time เพิ่มขึ้น) ส่วนประกอบของไฟเบอร์และลักษณะทางกายภาพของไฟเบอร์ ถ้าอาหารมีไฟเบอร์มากและเป็นไฟเบอร์ที่ย่อยได้ยาก Retention time จะเพิ่มขึ้น (วิศิษฐิพร, 2538) นอกจากนี้ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนไหวของอนุภาคอาหาร (Feed particle) จาก Reticulo-rumen ประกอบด้วยขนาดของ Feed particle (ถ้ามีขนาดเล็กจะไหลผ่านไปได้เร็ว) ความหนาแน่นของ Feed particle (ถ้ามี Density สูงจะไหลผ่านได้เร็ว) อัตราการลดขนาดของ Feed particle (ถ้าลดได้ช้าก็จะไหลผ่านได้ช้า) ส่วนประกอบของ Cell Wall ในอาหาร (ถ้ามีมากจะไหลผ่านได้ช้า) Hydration time (ถ้าเร็วจะไหลผ่านได้เร็ว) pH (ถ้า pH ต่ำจะไหลผ่านได้ช้าเนื่องจากการย่อยได้ช้า) ความแรงและการบีบตัวของกระเพาะหมัก และกระเพาะแท้ (ถ้าแรงและถี่จะไหลผ่านไปได้เร็ว)

อาหารที่ผ่านออกจากกระเพาะหมักได้จะต้องถูกย่อยจนเป็น Small particle ดังนั้น อัตราการผ่านของอาหารออกจากกระเพาะหมัก จึงขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ และ Remastication อาหารที่มี Physical form (ขนาดและความยาว) และ Digestibility ของอาหารต่างมีผลต่ออัตราที่อาหารออกจากกระเพาะหมักและอัตราการกินได้ของสัตว์ และอัตราการไหลของน้ำก็มี

ความสำคัญต่อการพา Small particle หรือ Soluble material ที่ละลายน้ำได้ออกจากกระเพาะหมัก อัตราของ Liquid flow ผ่านกระเพาะหมักสามารถวัดเป็น Dilution rate ซึ่งเป็นรูปเปอร์เซ็นต์ของ Total liquid ที่ออกไปจากกระเพาะหมักในเวลา 1 ชั่วโมง โดยวัดจาก Liquid turnover ค่าปกติของ Diluttion rate อยู่ในช่วง 5-30% ต่อชั่วโมง ปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องสูงก็กระตุ้น High dilution rate ได้เช่นกัน Water intake ได้รับอิทธิพลจาก Feed intake และ Electrolyte content ของอาหาร ซึ่ง Dilution rate จะมีผลต่อ Fermentation และ Microbes ถ้าเกิด High dilution rate จะมีผลชะล้าง Small particle และ Microbe ออกไปจากกระเพาะหมักด้วยอย่างรวดเร็วจึงเป็นการลดประชากรจุลินทรีย์และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย เนื่องจาก High microbe concentration จะไปกดการแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ (ประภาพร, 2538)

2.4.2.5 พันธุ์ และชนิดของสัตว์ สัตว์จะมีความสามารถในการกินอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดของสัตว์ สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีความจุของกระเพาะอาหารมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก โดยปกติแล้วในโคที่มีอายุน้อยจะกินอาหารมากกว่าสัตว์ที่โตเต็มวัยเมื่อเทียบกับน้ำหนักตัว ทั้งนี้เนื่องจากในช่วงของสัตว์ที่มีอายุยังน้อยนั้นจะต้องการสารอาหารเพื่อใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อต่างๆเพื่อการเจริญเติบโต ส่วนในสัตว์เพศผู้จะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในสัตว์เพศเมีย คือประสิทธิภาพในการใช้อาหารของเพศผู้จะดีกว่าในเพศเมีย

2.4.2.6 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม เป็นปัจจัยที่ส่วนใหญ่แล้วจะเกิดจากการจัดการในการเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่กล่าวคือเป็นปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบต่อการกินอาหารของสัตว์ เช่น การได้รับอาหารและน้ำไม่เพียงพอ เช่นในสัตว์ที่ขาดน้ำจะทำให้กินอาหารได้น้อยลงโดยเฉพาะถ้าอาหารนั้นมีลักษณะแห้งหรือเป็นฝุ่น กระแสลมตามธรรมดาจะไม่กระทบกระเทือนต่อการกินอาหารของสัตว์ แต่ถ้าเป็นลมร้อนหรือเป็นลมที่พัดแรงเกินไปจะมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ได้ เนื่องจากฝุ่นละอองที่มากับลมจะทำให้สัตว์ไม่สบายได้ แต่ลมที่พัดโชยผ่านคอกเพื่อช่วยระบายความร้อนภายในโรงเรือนจะช่วยให้สัตว์อยู่สบาย และคงกินอาหารได้ตามปกติ

ความชื้นและอุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารเป็นอย่างมาก คือถ้าอุณหภูมิสูง และมีความชื้นมากการกินอาหารจะลดลงอย่างมากด้วย แม้ว่าจะมีอุณหภูมิสูงแต่ถ้ามีความชื้นน้อย สัตว์จะไม่ถูกกระทบกระเทือนมากนัก สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความพยายามที่จะรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ (ประมาณ 37 องศาเซสเซียส) เมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงขึ้น สัตว์เคี้ยวเอื้องพยายามที่จะลดปริมาณความร้อนในร่างกายที่เกิดขึ้นภายในร่างกายโดยการลดการกินอาหารโดยเฉพาะอาหารพลังงาน เมื่อการกินอาหารลดลงการเคลื่อนบีบตัวของกระเพาะก็ลดลงด้วย เมื่อสัตว์อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศร้อนเมทธาบอลิซึมภายในร่างกายสัตว์จะลดลง จะเกิดขึ้นร่วมกับการขับฮอร์โมนไธรอยด์ลดลงและความจุของกระเพาะเพิ่มขึ้น

2.4.2.7 ปัจจัยทางด้านอาหาร อาหารสัตว์นั้นจะมีความน่ากินมากน้อยเพียงใดจะมีผลต่อการกินของสัตว์ สารพิษหรือสิ่งเจือปน อาหารที่มีสารพิษหรือสารที่ขัดขวางการเจริญเติบโต อายุการตัดในกรณีของพืชอาหารสัตว์ คือ ถ้าตัดพืชอาหารสัตว์มาในระยะที่ยังอ่อนอยู่ ก็จะทำให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น ส่วนพืชที่แก่จะมีเยื่อใยและลิกนินอยู่มากสัตว์จะไม่ชอบกิน และลิกนินก็จะขัดขวางการย่อยเมื่ออาหารย่อยได้ช้า ปริมาณการกินได้ก็จะลดลง โดยทั่วไปสัตว์จะกินอาหารหยาบได้มากขึ้นเมื่อเพิ่มอาหารข้นมากขึ้น เพราะว่าอาหารข้นจะเป็นแหล่งของพลังงานสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ อย่างไรก็ตามเมื่อมาถึงจุดหนึ่งที่สัตว์ได้รับอาหารข้นมากที่สุดแล้วจะทำให้ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลง นอกจากนี้ปริมาณของลิกนินนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับปริมาณไฟเบอร์ในอาหารจึงเป็นการยากที่จะแยกอิทธิพลขอไฟเบอร์ออกจากอิทธิพลของลิกนินโดยตรง การที่อินทรีย์วัตถุจะถูกย่อยได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับการจัดตัวระหว่างเฮมิเซลลูโลสหรือเซลลูโลส กับลิกนิน

2.4.2.8 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมักโดยทั่วไปแล้วเมื่อระดับ pH ในกระเพาะหมักลดต่ำลง อัตราการย่อยได้ของอาหารประเภทไฟเบอร์จะลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะจำนวนและการทำงานของจุลินทรีย์ประเภท Cellulolytic species ลดลง การปรับระดับ pH ในกระเพาะหมักให้สูงขึ้นอาจทำได้โดยให้สัตว์กินบัฟเฟอร์ เช่น $NaHCO_3$ จะทำให้การย่อยได้ของไฟเบอร์ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการให้บัฟเฟอร์จะทำให้การย่อยได้ของอาหารจำพวกแป้งในกระเพาะหมักและในระบบย่อยอาหารอื่นๆ ลดลง ปกติแล้ว pH ในกระเพาะหมักจะอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 แต่ระดับ pH ที่เหมาะสม สำหรับการแตกตัวของโปรตีน และการเกิดแอมโมเนียในกระเพาะหมักจะอยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ซึ่งระดับ pH นี้จะเกิดการทำงานของจุลินทรีย์สูงสุด ภายใต้การจัดการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วๆไป ที่ปฏิบัติกันอยู่ระดับ pH ในกระเพาะหมักจะอยู่ในช่วงนี้ซึ่งเหมาะกับการย่อยสลายของโปรตีนในอาหาร แต่ถ้าให้สัตว์ได้รับอาหารข้นในปริมาณมาก ระดับ pH ในกระเพาะหมักจะลดลง เป็นผลให้การย่อยได้ของอาหารหยาบลดลงด้วย

การขาดโปรตีนในอาหารจะมีผลทำให้การย่อยได้ของพลังงานลดลง และทำให้ปริมาณการกินได้ลดลง ถ้าการเสริมอาหารที่มีโปรตีนสูง ถ้าการเสริมอาหารที่มีโปรตีนสูง หรือ Non-Protein Nitrogen (NPN) เช่น ยูเรีย แล้วให้สัตว์ที่กินฟางข้าวเป็นอาหารหลัก การย่อยได้ของฟางข้าวจะเพิ่มขึ้น การขาดแร่ธาตุที่สำคัญ เช่น Mg, P และ S และแร่ธาตุรอง เช่น Fe, Co, Mn และ Zn จะทำให้การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะหมักลดลง ปริมาณของไขมันในอาหาร ปกติไขมันมีความจำเป็นต่อสัตว์ แต่ถ้าอาหารมีไขมันอยู่มากหรือเติมไขมันลงไปมากเกินไป และมีกลูโคสอยู่มากจะทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง

การเพิ่มความถี่ของการให้อาหารโดยการให้อาหารมื้อละน้อยๆ แต่จำนวนหลายมื้อในแต่ละวันจะทำให้การย่อยได้ของอาหารเพิ่มขึ้น

การแปรรูปอาหาร (Processing) เช่นการบด การอัดแผ่นของเมล็ดธัญพืชจะช่วยให้การย่อยได้เพิ่มขึ้น การอัดเม็ด (Pelleting) เมล็ดธัญพืช มีผลน้อยมากต่อการย่อยได้ของเมล็ดธัญพืชที่อัดเม็ด แต่จะให้การย่อยได้ของอาหารหยาบลดลง นอกจากนี้การเปลี่ยนอาหารใหม่จำเป็นต้องให้เวลากับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้มีโอกาสปรับตัวระยะหนึ่งเพื่อจะใช้ประโยชน์จากอาหารใหม่ได้ดียิ่งขึ้น ในการเปลี่ยนอาหารใหม่ในระยะแรก การย่อยได้อาจลดลง แต่เมื่อจุลินทรีย์ปรับตัวระยะหนึ่งแล้วการย่อยได้จะค่อยๆเพิ่มขึ้น อาหารที่ถูกตัดให้สั้นหรือบดให้ละเอียด ก็จะช่วยทำให้การย่อยดีขึ้น เพราะน้ำย่อยเข้าไปย่อยได้อย่างทั่วถึง

ส่วนประกอบของอาหาร คือถ้าอาหารมีพวกเยื่อใยมาก มีลิกนินสูง จะทำให้การย่อยได้ลดลง แต่ถ้าอาหารนั้นมีเยื่อใยน้อย มีโปรตีน แป้ง น้ำตาล และสารอื่นๆ ที่ละลายน้ำได้ง่ายอยู่มาก การย่อยได้จะเพิ่มขึ้น

การเตรียมอาหาร กล่าวคือ ถ้ามีการต้มอาหาร หรือมีการแช่น้ำ จะช่วยให้อาหารถูกย่อยได้ดีขึ้น นอกจากนั้นอาหารบางชนิด เช่นฟางข้าว ถ้าได้แช่ในด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ เสียก่อนจะทำให้การย่อยดีขึ้น

ระดับการผลิตของสัตว์ ตามปกติสัตว์ที่ให้ผลิตผลสูง เช่นแม่โคนม การย่อยได้ของอาหารจะสูงมากด้วย และอายุของสัตว์ ตามปกติสัตว์ที่แก่จะมีระบบการย่อยอาหารที่พร้อมและแข็งแรงกว่าสัตว์อ่อน ดังนั้นในการย่อยได้ของอาหารในสัตว์แก่ สัตว์โตจึงสูงกว่าในสัตว์อ่อน นอกจากนี้ พยาธิและโรคที่รบกวนสัตว์อยู่ จะทำให้การย่อยลดลง

การรักษาสภาพแวดล้อมภายในกระเพาะหมักให้เหมาะสมต่อประชากรจุลินทรีย์เพื่อให้การย่อยอาหารในกระเพาะหมักเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สัตว์ไม่มีระบบควบคุม Metabolism ของจุลินทรีย์ภายในทางเดินอาหารโดยตรง แต่มีปัจจัยทางสรีรวิทยาที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อ Fermentation ในรูเมนเพื่อให้การหมักย่อยอาหารดำเนินไปในรูปแบบที่เหมาะสมแก่ความต้องการของร่างกาย ปัจจัยที่เหมาะสมซึ่งร่างกายต้องการเพื่อรักษาสภาวะแวดล้อมในกระเพาะหมักได้แก่

1) สารอาหารที่เพียงพอตลอดเวลาสำหรับ Fermentation จะต้องอาศัยขบวนการการกินอาหาร

2) อุณหภูมิซึ่งอยู่ที่ระดับประมาณ 37 องศาเซสเซียส ตลอดเวลา

3) Ionic strength (Osmolality) ของของเหลวในกระเพาะหมักซึ่งจะต้องรักษาให้อยู่ในช่วงพอเหมาะ (ประมาณ 280 mOsm)

4) Negative oxidation หรือ Reduction potential ซึ่งจะต้องรักษาให้อยู่ที่ -250 ถึง -450 mV โดยการรักษาภาวะ Anaerobic อย่าให้มีออกซิเจนอยู่ภายในกระเพาะหมัก

5) ต้องมีการแยก Undigestible waste (Solid material) ออกไปจากกระเพาะหมัก

6) อัตราการแยก Microbrs ออกไปจะต้องเหมาะสมกับ Regeneration time ของ Microbe

7) กรดที่เกิดจาก Anaerobic fermentation จะต้องถูก Buffer หรือแยกออกไป

สำหรับ ข้อ 5) ข้อ 6) และข้อ 7) นั้นจำเป็นต้องอาศัยขบวนการพิเศษ ได้แก่ Motility ที่มีลักษณะเฉพาะของ Reticulorumen การดูดซึม VFAs โดยตรงและการสร้างน้ำลายจำนวนมากมายเพื่อ Buffer ความเป็นกรดภายในกระเพาะหมัก เนื่องจากส่วนประกอบน้ำลายมี Bicarbonate เป็นส่วนใหญ่และ Phosphate buffer มีปริมาณไนโตรเจนประมาณ 77 % ของ Total nitrogen ในโคหลั่งน้ำลายประมาณ 90-190 ลิตร/วัน น้ำลายจะหลั่งตลอดเวลาแต่ปริมาณจะเปลี่ยนแปลงขึ้นกับ Activity ของสัตว์และการกินอาหารกับการเคี้ยวเอื้อง

2.4.2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของอาหาร จะเกี่ยวกับความชื้นของดินมีผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ในฤดูฝนนั้นจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะในพืชเขตร้อนซึ่งปริมาณของน้ำจะมีผลทำให้ความชื้นในดินเพิ่มมากขึ้นพืชสามารถที่จะนำน้ำไปใช้ได้ โดยที่การนำน้ำไปใช้นั้นจะมีความสัมพันธ์กับชนิดของพืชเพราะว่าพืชแต่ละชนิดจะมีรากที่แตกต่างกันซึ่งความชื้นของดินมีผลต่อการละลายของสารเนื่องจากว่าสารจะสามารถที่จะละลายได้ในอุณหภูมิที่ต่ำดังนั้นจะพบว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตหนาวจะมีคุณภาพดีกว่าพืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน (พันทิพา, 2539)

2.5 ความต้องการพลังงานในโคนม

พลังงานเป็นเรื่องสำคัญมากในทางอาหารสัตว์ ร่างกายต้องการพลังงานเป็นปริมาณมากเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทั้งเพื่อการดำรงชีพและให้ผลผลิตในการประกอบสูตรอาหารอาหารจำเป็นต้องคำนึงถึงพลังงานเป็นอันดับแรกเพราะความเข้มข้นของโภชนะต่างๆ ที่จำเป็นต้องมีในสูตรอาหารเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของสัตว์มักผันแปรตามระดับพลังงานในสูตรอาหารนั้น สัตว์มีความต้องการเป็นปริมาณมาก มักจะขาดแคลนในการผลิตสัตว์และพลังงานเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ในอาหาร โภชนะที่ให้พลังงานได้คือพวกที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งได้แก่ ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน ซึ่งกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นในร่างกายเช่นการกินอาหาร การดูดซึมและการเมทธาบอลิซึมต่างต้องเกี่ยวข้องกับพลังงานทั้งสิ้น คำว่าพลังงานในทางโภชนศาสตร์ คือพลังงานชีวเคมี (Biochemical energy) (บุญล้อม, 2541 ข)

2.5.1 หน่วยของพลังงาน

ปัจจุบันระบบที่นิยมใช้ในการหาความต้องการโภชนะของสัตว์นั้นมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบของประเทศในเครือจักรภพอังกฤษ Agricultural Research Council (ARC) และระบบของสหรัฐอเมริกา National Research Council (NRC) หน่วยของทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการหาพลังงานนั้น

แตกต่างกัน คือ ในระบบของ ARC นั้นจะใช้ Metabolisable energy (ME) และใช้หน่วยเป็น Joules, Kilojules (KJ) และ Megajule (MJ) ในขณะที่ระบบของ NRC นั้นจะใช้หน่วยวัดพลังงาน 2 วิธี คือ

1) Total Digestible Nutrients (TDN) คือ ผลรวมของ Digestible Protein, Fibre, Nitrogen-free Extract และ Fat x 2.25 โดย

TDN = Digestible (CP+CF+NFE+(2.25EE)) / (Feed DM Consumed)

ค่า TDN นี้มีหน่วยเป็น กก./100 กก. วัตถุแห้งของอาหารหรือเป็นร้อยละ ค่า TDN สามารถคำนวณเป็น DE หรือ ME โดยใช้สูตร

1 กก. TDN = 4.4 Mcal DE หรือ 1 กก. TDN = 3.56 Mcal ME

ข้อดีของระบบ TDN คือ ง่ายทั้งในแง่การทดลองและการปฏิบัติ คือสามารถหาค่า TDN ได้โดยตรงจากการวิเคราะห์โภชนะและการหาการย่อยได้โดยทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* digestibility) นอกจากนี้ยังมีข้อมูลวัตถุดิบต่างๆมากมายเนื่องจากใช้กันมานาน ทำให้สะดวกในการเปรียบเทียบ สำหรับข้อเสียของระบบนี้ คือ TDN หมายถึงโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด แต่ไม่ได้คำนึงวิตามินและแร่ธาตุเลย และค่า TDN เป็นค่าพลังงานแต่กลับมีหน่วยเป็น เปอร์เซนต์ หรือ กก./100 กก.อาหารแทนที่จะเป็นแคลอรี่หรือจูล

2) Calorie System เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงาน โดยที่ 1 Cal คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซสเซียส (โดยปกติเพิ่มจาก 14.5 องศาเซสเซียสเป็น 15.5 องศาเซสเซียส) การวัดความร้อนนี้ทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb Calorimeter เพื่อเผาผลาญอาหารที่ต้องการวัดค่าพลังงานในสภาพที่มีออกซิเจน

การเทียบค่าพลังงานระหว่างระบบทั้ง 2 ทำได้โดย

1 cal = 4.184 joules หรือ 1 joules = 0.233 cal

1 kgTDN = 3.56 McalME = 19 MJ DE = 16 MJ ME

2.5.2 การจำแนกพลังงาน

อาหารที่สัตว์กินเข้าไป จะผ่านกระบวนการต่างๆ ก่อนที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่นการย่อย การดูดซึม และการเมทธาบอลิซึม เป็นต้น ในการนี้จะมีพลังงานที่สัตว์กินเข้าไปบางส่วนสูญเสียไปในรูปของมูล ปัสสาวะ แก๊สจากการหมักย่อยและความร้อน พลังงานที่เหลือเรียกว่าพลังงานสุทธิ ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต ในอาหารโดยทั่วไปประมาณว่ามีการสูญเสียพลังงานในมูล 30% พลังงานในปัสสาวะ 5% พลังงานในรูปแก๊ส 5% และพลังงานในรูปความร้อน (Heat increment, HI) 20% เหลือเป็นพลังงานสุทธิประมาณ 40% ของพลังงานที่กินเข้าไปทั้งหมด อย่างไรก็ดีค่าเหล่านี้อาจผันแปรไปได้แล้วแต่ปัจจัยต่างๆมากมาย เช่น ชนิดของอาหาร คุณภาพอาหาร ชนิดของสัตว์ และปริมาณอาหารที่กินได้ เป็นต้น (บุญล้อม, 2541ข)

เมื่อนำพลังงานที่สูญเสียไปในมูล (Fecal energy, FE) ไปหักลบออกจากพลังงานทั้งหมดที่กินเข้าไปจะเหลือเป็นพลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE) เมื่อนำพลังงานในปัสสาวะ (Urinary energy, UE) และพลังงานในรูปแก๊ส (Gaseous energy, GE) ไปหักลบจากพลังงานย่อยได้ (DE) จะเหลือพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) และเมื่อนำพลังงานที่สูญเสียในรูปของความร้อน (Heat increment, HI) ไปหักออกจากพลังงานใช้ประโยชน์ (ME) จะได้พลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีพ นำไปสร้างผลผลิต เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อการสืบพันธุ์ เพื่อการให้นม ไข่ ตัวอ่อน ขน หนัง เพื่อการทำงานหรือกิจการอื่นๆได้

2.5.2.1 พลังงานรวม (Gross energy, GE) คือพลังงานที่ได้เมื่อสารถูกเผาผลาญอย่างสมบูรณ์ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ พลังงานนี้จะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อนในทางโภชนศาสตร์ถือว่าพลังงานเผาผลาญ คือพลังงานทั้งหมดที่มีในอาหารหรือสิ่งอื่นๆ เช่น มูล ปัสสาวะหรือผลผลิต โดยยังมิได้คำนึงถึงการสูญเสีย ค่านี้ได้จากการนำอาหารหรือตัวอย่างเหล่านั้นมาเผาในเครื่องมือวัดพลังงานที่เรียกว่า บอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้นและยังสามารถคำนวณได้จากสมการของ Wiseman (1987) ดังนี้

GE (MJ/kgDM) = ((57.2 CP + 95.0 EE + 47.9 CF + 41.7 NFE)*100)*4.184

2.5.2.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE) เป็นพลังงานที่สัตว์สามารถย่อยได้หลังจากที่หักพลังงานที่สูญเสียออกจากมูล มีสมการดังนี้

DE = GE-FE หรือ DE (Kcal/kgDM) = 0.04409*TDN (%) (NRC, 1988)

2.5.2.3 พลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) เป็นพลังงานที่สัตว์ใช้ได้หลังจากการหักพลังงานสูญเสียทางมูล ปัสสาวะและแก๊ส ดังสมการ

ME = DE - UE- Gaseous energy

ME (Kcal/kgDM) = 0.82 DE (Kcal/kgDM) (NRC, 1988) หรือ

ME (Kcal/kgDM) = -0.45 + 1.01 (Kcal/kgDM) (NRC, 1988)

2.5.2.4 พลังงานสุทธิ (Net energy, NE) เป็นพลังงานที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้จริง เมื่อหักค่า Heat increment (HI) จะได้พลังงานสุทธิดังสูตร NE = ME-HI และสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

NE for Maintenance (Mcal/kgDM) = -1.12 + (1.37 ME) (NRC, 1988)

NE for Growth (Mcal/kgDM) = -1.65 + (1.42 ME) (NRC, 1988)

NE for Lactation (Mcal/kgDM) = (0.0245*TDN (% of DM)) - 0.12 (NRC, 1988)

2.5.3 การประเมินค่าพลังงานแบบการนำเสนอของ Weiss และคณะ (1992)

ถึงแม้ว่าระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน

ประเทศต่างๆ จึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณ และในปี 1992 Weiss และคณะ (Weiss, et al., 1992) ทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานโดยยึดหลักที่ว่า โภชนะชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนะดังกล่าวประกอบด้วย CP, Fat, NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย True digestibility (TD) ของโภชนะนั้นๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE ได้โดยอาศัยสมการต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.5.3.1 พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (TD) ของโปรตีนหยาบ (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ ในพืชส่วนมากมีค่าเฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน ค่า TD_{CP} จะมีค่าประมาณ 1.0 อาหารที่ถูกความร้อนค่า TD_{CP} จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของโปรตีนหยาบ อัตราการถูกทำลายด้วยความร้อนมีความสัมพันธ์กับ Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่า TD_{CP} ได้จากค่า ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์ในอาหารข้นและในอาหารหยาบไม่เท่ากัน จึงต้องใช้สมการคำนวณดังนี้

Concentrate: $TD_{CP-C} = 1 - 0.004$ ADIN (Nakamura et al., 1994)

Roughage: $TD_{CP-F} = e^{-0.012\ ADIN}$ (Weiss et al., 1983)

เมื่อ e เป็นฐานของ Natural logarithm และ ADIN แทนค่าเป็นสัดส่วนของ Total N โดยทั่วไปสัดส่วนของ N ใน ADIN ของพืชที่ไม่ถูกความร้อนจะเท่ากับ 0.07

เมื่อได้ค่า TD_{CP} แล้วจึงคำนวณค่าพลังงานของ CP (E_{CP}) ดังนี้

$E_{CP} = TD_{CP} * CP$

2.5.3.2 พลังงานจากไขมัน

ค่า Ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้งไตรกลีเซอร์ไรด์), Waxes, Pigments และอื่นๆ อีกเล็กน้อย Palmquist (1991) แนะนำว่าในการหาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ Fatty acids (FA) มากกว่าการวิเคราะห์ หา EE ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ Uniform ในขณะที่ EE ไม่ Uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หา EE ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงยังคงนิยมวิเคราะห์ค่า EE อยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.5% ของ DM ในอาหารเท่านั้น

FA = EE-1.5

ค่า TD ของ FA ขึ้นอยู่กับปริมาณของ FA ในอาหาร อาหารโคนมโดยทั่วไปมี FA อยู่ประมาณ 3 % และมีค่า TD ประมาณ 0.94 ถ้าค่า FA เพิ่มขึ้น 1% ค่า TD ของ FA จะลดลง 0.03 ดังนั้น

$E_{FA} = ((1.03 - (0.03FA)) * (2.25\ FA)$

2.5.3.3 พลังงานจาก NDF

NDF ไม่ใช่ค่าที่ Uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (Potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ Uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 (Conrad et al., 1984) ได้สร้างสม-การประเมินค่า pdNDF โดยอาศัย Lignified surface area ทั้งนี้เพราะ Lignin ยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ Cellulose และ Hemicellulose จึงควรคำนวณหาค่าสัดส่วนของพื้นที่ผิว NDF ที่ถูกปกคลุมด้วยลิกนิน เพื่อนำมาหักลบออก ดังนั้น pdNDF คำนวณได้จากสมการ

$$pdNDF = (NDF - Lignin)*(1 - (Lignin / NDF)^{0.667})$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP เท่ากับ NDIN*6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ประมาณการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับดำรงชีพ มีค่าเท่ากับ 0.75

$$E_{NDF} = (0.75 (NDF_N - Lignin))*(1 - (Lignin / NDF_N)^{0.667})$$

2.5.3.4 พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น Uniform feed fraction ที่มีค่า TD ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับดำรงชีพ NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่า Ash, CP, NDF_N และ EE จาก 100 ที่ต้องใช้ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อไม่ให้ CP ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไปการคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

$$E_{NFC} = 0.98 (100-NDF_N - CP - Ash - (FA + 1.5))$$

2.5.3.5 สมการคำนวณค่า TDN

ค่า TDN คำนวณได้จากการรวมพลังงาน CP, FA, NDF และ NFC เข้าด้วยกัน แต่เนื่องจากพลังงานจากองค์ประกอบเหล่านี้ได้มาจากค่า True digestibility ในขณะที่ค่า TDN เป็นค่าที่คิดจากApparent digestibility ดังนั้นจึงต้องนำค่าพลังงานจาก Metabolic faecal material มาหักลบออก ซึ่งข้อมูลจากแหล่งต่างๆ สรุปได้ว่า Metabolic TDN มีค่าประมาณ 7 ดังนั้นสมการคำนวณค่า TDN ได้ดังนี้

$$TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} - 7$$

2.5.4 ความต้องการพลังงานในโคนม (Net Energy Requirement)

2.5.4.1 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (Net Energy for Maintenance) ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดรูปร่างและพันธุ์ การหา NE_M นั้นใช้สมการ 0.073 $LW^{0.75}$ (NRC, 1988) อย่างไรก็ตามในสมการดังกล่าวได้มีการเผื่อในกิจกรรมบางส่วนอีก 10% ซึ่งจะได้สมการที่ใช้ในการหา NE_M คือ

$$NE_M (Mcal) = 0.08W^{0.75} (NRC, 1988)$$

2.5.4.2 ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (Net Energy for Growth) ในการเจริญเติบโตของสัตว์นั้นมีดัชนีที่บ่งบอกได้อย่างชัดเจนก็คือ น้ำหนักตัวของตัวสัตว์ โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนมการคำนวณนี้ช่วยในการป้องกันการขาดพลังงานของโคนมในระยะให้นมในระยะต่างๆ (NRC, 1988) ซึ่งสมการคำนวณคือ

NE_G (Mcal/Kg of Change) = 5.12 For Gain หรือ 4.92 For Loss

2.5.4.3 ความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม (Net Energy for Lactation) การสร้างน้ำนมต้องใช้พลังงานในการสร้างองค์ประกอบของน้ำนม และพลังงานอีกส่วนหนึ่งใช้ในการทำงาน จำนวนพลังงานที่ใช้ในการสะสมในน้ำนมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือจำนวนของแข็งในน้ำนม (Total solid) น้ำนมที่มีของแข็งในน้ำนมมากก็ต้องใช้พลังงานมาก ในการคำนวณพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนมนั้นสามารถที่จะคำนวณจากเปอร์เซนต์ไขมันตามสมการคือ

NE_L (Mcal/Kg Milk) = 0.3512 + ((0.0962 × (%Fat)) (NRC, 1988)

2.5.4.4 ความต้องการพลังงานเพื่อการสืบพันธุ์ (Net Energy for Reproduction) พลังงานที่ต้องการใช้ในการอุ้มท้องระยะ 6-7 เดือนแรกจะมีเพียงเล็กน้อยแต่ในระยะ 2-3 เดือนก่อนคลอดจะต้องการพลังงานเพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 3-6 Mcal NE หรือ 0.54-1.00 kg.TDN ในระยะ 4-6 สัปดาห์ก่อนคลอด

2.6 ความต้องการโปรตีนในโคนม

ในของร่างกายโคประกอบด้วยโปรตีนจึงทำให้มีความต้องการโปรตีนจำนวนมากรองจากพลังงาน โคที่โตมากแล้วสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโน โดยการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะ-หมัก ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของโคจึงเป็นการช่วยลดภาระในการให้อาหารโคของผู้เลี้ยงได้มาก

2.6.1 ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ โคนมใช้โปรตีนเพื่อการดำรงชีพเพื่อใช้ซ่อมแซมโปรตีนที่ถูกกำกัดออกทางมูล (Metabolic fecal protein) (น้ำย่อยที่ใช้แล้ว เซลล์ทางเดินอาหารที่เสื่อมสภาพ และโปรตีนของจุลินทรีย์) ใช้เพื่อโปรตีนที่สูญเปล่าที่ถูกกำจัดออกทางปัสสาวะ (Endogenous urinary protein) (การทำลายกรดอะมิโนที่เหลือใช้จากอาหารที่สัตว์กิน) และใช้เพื่อโปรตีนที่ใช้ซ่อมแซมผิวหนังและขนที่หลุดร่วงไป

2.6.2 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต อาจแตกต่างกันไปตามวัยของโคว่าอยู่ในช่วงใดหรือมีการเพิ่มน้ำหนักมากน้อยเพียงใด

2.6.3 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ของโคมีความต้องการโปรตีนสำหรับสร้างตัวอ่อน สร้างรก และสร้างมดลูก

2.6.4 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม โดยปกติโคสามารถใช้โปรตีนในอาหาร เพื่อการเปลี่ยนเป็นโปรตีนในน้ำนมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก คือประมาณร้อยละ 80 ฉะนั้นโปรตีนที่ต้องการในอาหารจะใช้ประมาณร้อยละ 40 ของโปรตีนในน้ำนมเท่านั้น

2.6.5 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโคนม การคำนวณความต้องการโปรตีนตามสมการของ NRC (1988) จะอยู่ในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) เช่นเดียวกับการคำนวณความต้องการพลังงานในโคนม ที่ต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (Absorbed Protein for Maintenance, AP_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Absorbed Protein for Growth, AP_G) และเพื่อการให้น้ำนม (Absorbed Protein for Lactation, AP_L) โดยมีสมการคำนวณ ดังนี้

$AP_R = AP_M + AP_G + AP_L$ เมื่อ

AP_M (g) = ((EUP + DPL)/0.67) + MFP

EUP (Endogenous Urinary Protein) (g/ day) = $2.75 \times (\text{Liveweight})^{0.5}$

DPL (Dermal Protein Loss) (g/day) = $2.75 \times (\text{Liveweight})^{0.6}$

MFP (Metabolic Fecal Protein) (g/day) = $2.75 \times$ Dry Matter Intake

AP_G (g/kg change) = 175 - 188 g or 181 g/ kg change (For Gain)

AP_L (g/kg milk) = Milk Protein (g) / 0.65

อย่างไรก็ตามการคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein (AP) นั้นไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารที่จะแสดงในรูปของ Crude Protein (CP) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณจาก AP_R เป็น CP_R

AP_R นั้นจะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะ-หมัก (Undegradable protein, UDP) นั่นคือ

$AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crude protein, MCP) 90% ของRDP และ MCP ที่จะใช้ได้จริง (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80% ของ MTP ฉะนั้น

MCP = $0.9 \times$ RDP

MTP = $0.8 \times$ MCP

DMTP หรือ $AP_{RDP} = 0.8 \times$ MTP

การคำนวณหาความต้องการ RDP ในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (1988) โดยที่

MCP = $6.25 \times ((11.45 \times \text{NE}) - 30.93)$

RDP = MCP/0.9 ซึ่งสามารถคำนวณหา AP_{UDP} ได้

จากสมการ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

$AP_{UDP} = AP_R + AP_{RDP}$

UDP จะถูกย่อยสลาย (Digestible undegradable protein, DUDP) ประมาณ 80% ของ UDP และมีประสิทธิภาพในการดูดซึมเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการให้น้ำนมเท่ากับ 66 % นั่นคือ

$DUDP = (AP_{UDP})/ 0.66$

UDP = DUDP/0.8

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ UDP จากสมการ

$CP_R = RDP + UDP$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโคนมนั้นสามารถที่จะใช้ไนโตรเจนในตัวสัตว์เอง (Nitrogen recycling) 15% ดังนั้น

$CP_R = (RDP + UDP) \times 1.15$

2.7 การให้น้ำนมของโคนม

น้ำนมเป็นผลผลิตที่ได้จากการสังเคราะห์จากองค์ประกอบของสารตั้งต้นในเลือด เช่น กลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมันอิสระ เป็นต้น โดยเซลล์เฉพาะที่เต้านม คือ Secretory cell เป็นเซลล์สังเคราะห์น้ำนม ที่มีลักษณะคล้ายกระเปาะนมเรียกว่า Alveolus ปริมาณน้ำนมที่ได้ก็จะเก็บกักไว้รอการปล่อยออกมา โดยวิธีการดูดของลูกโค หรือผ่านขบวนการรีดนม

2.7.1 เต้านม

เต้านมของโคมีอวัยวะสำหรับสร้างน้ำนมจะมีลักษณะเป็นช่อ (Bud) เจริญเติบโตอยู่ภายในกลุ่มของไขมัน (Fatty pad) ยึดติดกับลำตัวใต้ท้องน้อยระหว่างขาหลังทั้งสอง อาจให้คำจำกัดความได้ว่า “เต้านม” เป็นต่อมพิเศษชนิดหนึ่งที่เกิดจาก Skin tissue เต้านมของโคประกอบด้วยต่อมสร้างน้ำนม 4 ต่อม ซึ่งแยกออกจากกัน แต่ละต่อมจะมีการสร้างน้ำนมเป็นอิสระต่อกันไม่มีท่อต่อเชื่อมระหว่างต่อม เต้านมแต่ละเต้าจะแยกกันผลิตน้ำนม การยึดเกาะของเต้านมกับช่องท้องมีเอ็นยึดรั้งภายในประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เอ็นยึดรั้งส่วนกลางเต้านม (Medial suspensory ligament) และเอ็นยึดรั้งด้านข้าง (Lateral suspensory ligament) ต่อมสร้างน้ำนมแต่ละต่อมเรียก Quarter ซึ่งแต่ละ Quarter ประกอบด้วย (วิโรจน์, 2546)

2.7.1.1 หัวนม (Teat) เป็นส่วนปลายสุดของเต้านม ผิวด้านนอกไม่มีขนและไม่มีต่อม ตอนปลายสุดของหัวนมมีรูนม (Steak canal) ซึ่งเป็นทางออกของน้ำนมและบริเวณรอบรูหัวนมจะมีกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Sphincter ทำหน้าที่ปิดรูหัวนมไม่ให้น้ำนมไหลออกมาขณะที่ไม่ได้มีการรีดนม ต่อมารูหัวนมจะมีโพรงหัวนม (Teat cistern)

2.7.1.2 โพรงเก็บพักน้ำนม (Gland cistern หรือ Udder cistern) อยู่เหนือโพรงหัวนมขึ้นไปมีขนาดใหญ่มีความจุน้ำนมได้ไม่เกิน 500-2,000 มิลลิลิตร เป็นที่รวบรวมน้ำนมจากท่อนมใหญ่ๆ 10-20 ท่อมาเปิดเพื่อรวมน้ำนม ก่อนถูกปล่อยลงโพรงหัวนมและถูกรีดออกสู่ภายนอกต่อไป

2.7.1.3 ท่อนม (Mammary ducts) ติดต่อกับโพรงเก็บน้ำนม โดยเป็นท่อขนาดใหญ่แตกแยกออกไปประมาณ 12-20 ท่อและท่อเหล่านี้จะแตกเป็นท่อขนาดเล็กๆ เป็นกิ่งก้านสาขาคล้ายกับต้นไม้และไปสิ้นสุดที่ปลายท่อฝอยซึ่งเป็นกระเปาะกลม เรียกว่า Alveoli

2.7.1.4 กระเปาะสร้างน้ำนม (Alveoli) เป็นกระเปาะกลม ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียวเรียกว่า Secretory cell ทำหน้าที่กลั่นสร้างน้ำนม โดยเก็บและเปลี่ยนโภชนะต่างๆ จากน้ำเลือดเป็นองค์ประกอบของน้ำนม กระเปาะน้ำนมจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหรือพวงองุ่น แต่ละพวงมีเนื้อเยื่อพยุงหุ้มเรียก Lobule และหลาย Lobule รวมกันเรียกว่า Lope รอบๆกระเปาะสร้างน้ำนมแต่ละอันจะมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงเพื่อให้โภชนะและฮอร์โมนแก่เซลล์สำหรับสร้างน้ำนม และมีกล้ามเนื้อพิเศษเรียกว่า Myoepithelial cell ทำหน้าที่หดตัวรัดกระเปาะนมและท่อน้ำนมเพื่อให้น้ำนมไหลลงไปสู่โพรงเก็บนมซึ่งเป็นกลไกของการปล่อยน้ำนมของแม่โค

2.7.2 น้ำนม

น้ำนมเป็นอาหารที่สร้างมาจากต่อมน้ำนมในสัตว์เลี้ยงลูกด้วนน้ำนมในสัตว์แต่ละชนิดจะมีปริมาณองค์ประกอบของน้ำนมแตกต่างกันออกไปองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำนมคือ ไขมัน โปรตีนและน้ำตาล จะมีการสังเคราะห์ขึ้นมาจากเลือด ส่วนแร่ธาตุ ไวตามิน และน้ำมาจากกระบวนการซึมผ่านในเซลล์ และระหว่างชั้นเซลล์ สมดุลของน้ำนมจะเกิดขึ้นเนื่องจากค่า Osmotic pressure ของน้ำนมโคกับในเลือด มีค่าใกล้เคียงกันองค์ประกอบเหล่านี้ถูกสร้างจาก Secretory cell ของ Alveoli ภายในเต้านม เนื่องจากองค์ประกอบน้ำนมมีผลโดยตรงต่อคุณค่าทางโภชนาการ จึงได้มีการกำหนดคุณภาพมาตรฐานของน้ำนมเพื่อสุขอนามัย และคุณประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับ สำหรับประเทศไทยมาตรฐานที่กำหนดดังกล่าว คือไขมันนม (3.20%) โปรตีนนม (2.80%) และเนื้อนมไม่รวมไขมัน (8.25%) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2545)

2.7.2.1 น้ำตาลในน้ำนม เรียกว่า Lactose ซึ่งสร้างมาจากน้ำตาลกลูโคสที่อยู่ในกระแสเลือด กระบวนการสร้างน้ำตาลแลคโตสเกิดขึ้นใน Lumen ของ Golgi apparatus หลังจากนั้นจะถูกส่งออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม โดยการที่ผนังของเซลล์จะเชื่อมกับ Membrane ของ Golgi apparatus แล้วน้ำตาลแลคโตสจะหลุดออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไปยัง Lumen ของ Alveoli โดยกระบวนการ Osmotic pressure จากที่มีความเข้มข้นสูงในเซลล์ไปยังที่มีความเข้มข้นต่ำภายในกระเปาะนม

2.7.2.2 การสร้างโปรตีน โปรตีนที่ถูกสร้างโดยเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมนั้นประกอบด้วย Casein, ∝-Lactoalbumin, β-Lactoglobumin และโปรตีนชนิดอื่นๆเป็นพวกเอนไซม์และบาง

ส่วนของโปรตีนน้ำนม เช่น พวก Immunoglobulin จะได้รับจากกระแสเลือดโดยตรง ในการสร้างโปรตีน เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมจะได้รับวัตถุดิบมาจากกรดอะมิโนที่อยู่ในกระแสเลือด กรดอะมิโนเหล่านี้พวกที่จำเป็นส่วนใหญ่ได้รับมาจากอาหาร และที่ไม่จำเป็นบางชนิดถูกสร้างขึ้นมาภายในเซลล์ การสร้างโปรตีนจะเกิดขึ้นที่ Ribosome ตัวที่ควบคุมการสร้างโปรตีนคือ DNA โปรตีนในน้ำนมที่สร้างขึ้นจะถูกเก็บรวมเป็นถุงเรียกว่า Micelles ซึ่ง Micelles จะเคลื่อนที่จากกลางเซลล์ ไปยังผิวเซลล์ Secretory และถุงนี้จะแตกออกปลดปล่อยให้โปรตีนนม ไหลเข้าไปในกระเปาะนมเก็บนม (Alveolus)

2.7.2.3 ไขมันในน้ำนม ไขมันในน้ำนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ 97-98% ของไขมันทั้งหมดในนมที่เหลือจะเป็นฟอสโฟลิปิด (2-3%) โดยไตรกลีเซอไรด์จะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (Short-chain fatty acid, C_4-C_{10}) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ไขมันนมมีความหอม และมีบางส่วนเป็นกรดไขมันโมเลกุลใหญ่ (Longchain fatty acid, C_{18}-C_{30}) โดยกรดไขมันในน้ำนมส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ในการสร้างไขมันในน้ำนมเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมได้รับวัตถุดิบมาจากไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหารโดยตรง และไขมันที่อยู่ภายในร่างกายของสัตว์ โดยพวกกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (C_4-C_{10}) จะถูกสร้างจาก Acetate และ β- Hydroxybutyrate ซึ่งได้มาจากการสลายตัวของสารพวกคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมัก และกรดไขมันที่ได้จากการสลายตัวของไขมันในอาหารและภายในร่างกายจะเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่ (C_{18}-C_{30}) การสร้างกรดไขมันในน้ำนมจะสร้างขึ้นในส่วนของ Endoplasmic reticulum ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม

2.7.2.4 การสร้างไวตามิน แร่ธาตุและน้ำ เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไม่สามารถสร้างไวตามินและแร่ธาตุเองได้ จึงได้มาจากอาหารโดยผ่านทางกระแสเลือดเพียงอย่างเดียว เข้าไปใน Alveolus โดยมีกระบวนการผ่านเซลล์ 2 วิธี คือ การเคลื่อนผ่านรอยต่อระหว่างเซลล์ และการเคลื่อนผ่านเซลล์โดยตรง แร่ธาตุที่พบมากในน้ำนมคือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม คลอไรด์ โซเดียมและแมกนีเซียม โดยสารเหล่านี้จะพบในน้ำนมในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่

2.7.3 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมดิบ

2.7.3.1 ลักษณะทางพันธุกรรมของโคนมในแต่ละพันธุ์ จะมีลักษณะการให้ปริมาณน้ำนมแตกต่างกันชัดเจน โคโฮลสไตล์ฟรีเซี่ยนเป็นโคที่มีการให้น้ำนมปริมาณมากสุดกว่าโคทุกพันธุ์ แต่มีข้อด้อยที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวมต่ำ โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (3.7%) โคนมพันธุ์เจอร์ซี่เป็นโคพันธุ์เล็กให้ปริมาณน้ำนมปานกลาง และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมสูง (4.9%) ซึ่งสูงกว่าโคทุกพันธุ์ (ฉลอง, 2546) สำหรับองค์ประกอบน้ำนมของโคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยนั้น ประวีร์และคณะ (2546) พบว่า ค่าเฉลี่ยของไขมัน โปรตีน น้ำตาลแล็คโตส เนื้อนมไม่รวมไขมัน (SNF) และเนื้อนมรวม (TS) คือ 3.95, 3.19, 4.5, 8.76 และ 12.68% ตามลำดับ แต่การปรับปรุงพันธุ์โคนมให้ผลิตน้ำนม

มากๆ นั้นเป็นไปได้ช้าเพราะค่า Heritability ของการให้นมมีค่า 0.3 ซึ่งเป็นค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ต่ำ

2.7.3.2 ช่วงการให้น้ำนม (Lactation period) หลังจากแม่โคคลอดลูกแล้ว 4-5 วัน น้ำนมจะเปลี่ยนจากน้ำนมที่มีสีเหลือง เป็นน้ำนมที่มีสีขาวนวลขึ้น รวมถึงองค์ประกอบภายในก็เปลี่ยนแปลงตามด้วย โดยปริมาณน้ำนมรวมจะเพิ่มขึ้น 40-80% เทียบกับเริ่มต้น ปริมาณไขมันนมและโปรตีนจะลดลงและลดต่ำสุด ณ จุดสูงสุดของการให้น้ำนม ส่วนปริมาณของน้ำตาลแล็คโตส โซเดียม จะยังสูงคงที่ไปจนถึงระยะกลางการให้นม จึงค่อยลดลง ในระยะกลางการให้นมหรือหลังจากผ่านจุดสูงสุดของการให้น้ำนมของโคแล้วปริมาณน้ำนมรวมจะลดลง ความเข้มข้นของน้ำตาลแล็คโตสและโปตัสเซี่ยมจะค่อยๆ ลดลง แต่ความเข้มข้นของไขมันนม โปรตีน โซเดียม คลอไรด์ จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของโปรตีนเกิดจากปริมาณเคซีนที่มีมากขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในเลือดด้วย ในระยะปลายการให้น้ำนม ปริมาณน้ำนมรวมจะลดลงยกเว้นปริมาณโซเดียม โปรตีน ไขมันจะยังเพิ่มขึ้น สำหรับน้ำตาลแล็คโตสจะลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากอัตราการสังเคราะห์ลดลง

2.7.3.3 ความถี่ในการรีดน้ำนม โดยทั่วไปการทำฟาร์มโคนมจะรีดนมโควันละ 2 ครั้ง เป็นส่วนใหญ่ โดยจัดจังหวะทั้งสองครั้งให้ห่างเท่ากัน 12/12 ชั่วโมง มีการเปรียบเทียบผลการรีดนมวันละ 2 ครั้ง เทียบกับรีดนมวันละ 3 ครั้ง พบว่า การรีดนมวันละ 3 ครั้ง จะได้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นร้อยละ 15-20 และถ้ารีดนมวันละ 2 ครั้ง เทียบกับรีดนมวันละ 4 ครั้ง จะได้ผลผลิตนมเพียงร้อยละ 5-15 เชื่อว่าการรีดน้ำนมบ่อยครั้งจนเกินไป จะเป็นการรบกวนโคมาก ทำให้โคไม่มีเวลากินอาหารและพักผ่อนเพียงพอ เกิดความเครียดมาก อย่างไรก็ตาม การรีดนมวันละ 3 ครั้ง จะเหมาะกับฝูงโคนมที่มีพันธุกรรมดี ให้ผลผลิตมาก หรือเป็นโคนมที่อยู่ระหว่างการรีดนมระยะ 100 วันแรกหลังคลอด และเปอร์เซนต์ไขมันนมยังผันแปรตามช่วงห่างของการรีดนมยิ่งมีช่วงนานเท่าใด นมที่รีดได้ในรอบถัดไปจะมีเปอร์เซนต์ไขมันสูง ทั้งนี้เพราะการสังเคราะห์ไขมันใช้เวลานานกว่าการสังเคราะห์องค์ประกอบอื่น เมื่อจัดให้โคมีช่วงเวลารีดนมที่เท่ากัน จะได้ผลผลิตสูงกว่าร้อยละ 4-7 เมื่อเทียบกับช่วงเวลารีดที่ไม่เท่ากัน และเมื่อเทียบในลำดับการรีดนม ปริมาณน้ำนมที่รีดได้ในครั้งแรกๆ จะมีไขมันนมต่ำและน้ำนมที่รีดได้ช่วงท้ายๆ จะมีความเข้มข้นของไขมันนมมาก ทั้งนี้เพราะไขมันจะคงสะสมอยู่ในชั้นของท่อนม และอัลวีโอไล

2.7.3.4 สุขภาพโค โคนมที่มีความสมบูรณ์ของร่างกายต่ำเนื่องจากการให้อาหารไม่เพียงพอในช่วงก่อนคลอด จะมีผลให้ไขมันนมและเนื้อนมไม่รวมไขมันต่ำลง ปัญหาสุขภาพโคที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรัง เช่นโรคเต้านมอักเสบ และโรคกีบเน่า เป็นต้น จะทำให้โคให้ผลผลิตต่ำ และองค์ประกอบน้ำนมก็ผิดปกติด้วย โดยเฉพาะโรคเต้านมอักเสบจะมีผลทำให้องค์ประกอบน้ำนมเปลี่ยน

แปลง คือน้ำตาลแล็คโตสลดลงร้อยละ 5-20 โปรตีนนมลดลงเล็กน้อย เนื้อนมไม่รวมไขมันลดลงร้อยละ 8 และไขมันลดลงร้อยละ 5-12 (สุณีรัตน์, 2543)

2.7.3.5 การเป็นสัด วงรอบการเป็นสัด และการตั้งท้องของโคจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนและปริมาณการกินอาหารของสัตว์ลดลง โคที่อยู่ในระหว่างการเป็นสัด จะมีความอยากอาหารน้อย และโคมีความกระวนกระวายมาก และไม่ค่อยสนใจกินอาหาร ดังนั้น ปริมาณน้ำนมที่ได้จากโคจะลดลงจนกว่าโคจะหมดสัด และกลับมากินอาหารได้ปกติใหม่ ปริมาณน้ำนมจึงจะเพิ่มเท่าเดิม ในแง่การจัดการจึงควรคัดแยกโคที่เป็นสัด ออกอยู่กลุ่มหนึ่ง เพื่อลดปัญหาการรบกวนกันกับโคในฝูง โคที่ตั้งท้องจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงปลายของการตั้งท้อง (5 เดือน ขึ้นไป) ปริมาณน้ำนมลดลงได้ถึง 20% ที่อายุการตั้งท้อง 225 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากโภชนะบางส่วนถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและขนาดลูกโคในท้องแม่โคจะมีผลต่อช่วงว่างในท้องหรือความจุของกระเพาะแม่โค หรือจำกัดปริมาณการกินอาหาร และยังมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดในระยะนี้ ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนยังคงอยู่ในระดับสูงและระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้การกลั่นสร้างน้ำนมลดลง

2.7.3.6 สิ่งแวดล้อม ปัจจัยสำคัญคือ ระดับของอุณหภูมิ โดยทั่วไปโคยุโรปจะผลิตน้ำนมลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิน 26 องศาเซสเซียส ส่วนในโคเขตร้อนจะผลิตน้ำนมลดลง เมื่ออุณหภูมิของอากาศเกิน 32 องศาเซสเซียส และอากาศที่ร้อนแห้งจะมีผลกระทบน้อยกว่าสภาพอากาศที่ร้อนชื้น เพราะมีผลทำให้โคระบายความร้อนออกจากร่างกายได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำเย็น ที่สะอาดและพอเพียงจะช่วยบรรเทาปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ สภาพอากาศกระทบพฤติกรรมของโคได้ ในสภาพอากาศร้อนโคนมจะกินอาหารลดลง เบื่ออาหาร ไม่ยอมออกแทะเล็มหญ้าหรือใช้เวลาแทะเล็มหญ้าลดลง มีผลทำให้กระบวนการหมักอาหารในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลง อัตราสัดส่วนของอะซิเตทต่อโพรพิออเนตจะลดต่ำลง รวมถึงปริมาณของฮอร์โมนไธรอยด์ อินซูลิน และโกรทฮอร์โมน จะมีปริมาณลดลง เป็นผลให้การให้ผลผลิตน้ำนมลดลงด้วย ในเรื่องการจัดการที่นอนโคจะต้องแห้งสะอาด และดูดซับความชื้นได้ดี โรงเรือนมีหลังคาทรงสูง และมีการระบายอากาศได้ดี โดยปกติโคนมพันธุ์เบา (เจอร์ซี่) จะมีความคงทนต่อความร้อนได้มากกว่าโคพันธุ์หนัก (โฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน) ทั้งนี้เนื่องจากโคพันธุ์เบาจะมีพื้นที่ต่อหน่วยของน้ำหนักตัว เพื่อใช้ในการระบายความร้อนมากกว่าโคพันธุ์หนัก

2.7.3.7 อายุโค โคสาวเริ่มให้น้ำนมครั้งแรก เมื่ออายุได้ 2 ปี หรือเรียกว่า Lactation ที่ 1 โคจะให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปจนถึง Lactation ที่ 4-5 ปริมาณน้ำนมจึงคงที่ และหลังจากนั้น ปริมาณน้ำนมก็จะลดลง โคอายุ 2, 3, 4 และ 5 ปี จะให้ผลผลิตของน้ำนมประมาณร้อยละ 75 ร้อยละ 85 ร้อยละ 92 และร้อยละ98 ของโคที่โตเต็มที่แล้ว (วิโรจน์, 2546) โคที่ให้น้ำนมใน

Lactation ที่ 1 และ 2 จะมีปริมาณของ Secretory cell น้อยกว่าโคโต และขณะเดียวกันก็ยังมีการเจริญเติบโตทางด้านร่างกายอีก ปริมาณน้ำนมจึงให้ได้ไม่เต็มที่ นอกเหนือจากนั้นในสภาพการเลี้ยงแบบรวมกลุ่ม โคที่อายุน้อยหรือมีขนาดร่างกายน้อยจะแย่งกินอาหารสู้โคโตไม่ได้ การให้น้ำนมจึงต้องลดลง ในส่วนขององค์ประกอบน้ำนม ความเข้มข้นของไขมันนม โปรตีนและน้ำตาลแล็คโตส จะลดลงเมื่อโคมีอายุการให้น้ำนมมากขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพของ Apical membrane ลดลง ขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของ Permeability ของ Epithelium cell โดยปกติโคที่มีขนาดใหญ่จะให้น้ำนมสูงกว่าโคที่มีขนาดเล็ก แต่ผลผลิตน้ำนมไม่ได้สูงขึ้นเป็นสัดส่วนเดียวกันการเพิ่มน้ำหนักตัว

2.7.3.8 อาหาร โภชนะที่ใช้ในการสร้างน้ำนมมาจาก 2 แหล่ง คือ จากอาหารที่กินและอาหารสะสมในร่างกาย ทั้งสองแหล่งจะมีผลต่อปริมาณสารอาหารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำนม จากรูปแบบของการให้น้ำนมโคตลอดช่วงการรีดนมนั้น จะต้องมีการปรับความต้องการอาหารของโคให้สอดคล้องกับระยะของการให้ผลผลิต รวมถึงปรับปรุงแบบการจัดการจ่ายอาหาร ชนิดอาหาร ความถี่ในการจ่ายอาหาร เพื่อให้โคนมได้รับปริมาณสิ่งแห้งรวมอย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื่องจากปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้มีผลมาจากระดับของโภชนะที่ได้รับ ถ้าได้รับโภชนะต่ำกว่าปกติจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้และน้ำตาลแล็คโตสในน้ำนมลดลงอย่างชัดเจน แต่ถ้าได้รับโภชนะสูงกว่าปกติน้ำนมจะสูงขึ้นไม่มากนัก ความสำคัญของสูตรอาหาร มีอิทธิพลน้อยกว่าวิธีการจัดจ่ายอาหาร ถ้าจ่ายอาหารให้โคได้รับไม่เพียงพอ จะมีผลกระทบทันทีต่อผลผลิตน้ำนม การจำกัดปริมาณการกินอาหารก็มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมเช่นเดียวกัน โครีดนมจะมีอัตราการกินปริมาณสิ่งแห้ง ร้อยละ 3-4 ของน้ำหนักตัวโค อาหารสะสมในร่างกายจะช่วยให้โคมีความทนทานต่อการให้ผลผลิต ช่วยให้อัตราการลดลงของน้ำนมต่ำกว่าร้อยละ 10 ต่อเดือน ในการให้อาหารข้นแก่โคปริมาณสูง และให้อาหารหยาบในปริมาณต่ำ จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลง ถ้าโคได้รับอาหารหยาบน้อยกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณอาหารที่ได้รับทั้งหมด จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงเหลือเพียงร้อยละ 2 ดังนั้นในการกินอาหารโคต้องได้รับอาหารหยาบไม่น้อยกว่า ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักตัว จึงจะทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมไม่ลดลง

2.7.3.9 การรีดน้ำนม การรีดน้ำนมให้หมดเต้าหรือเหลือให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งจำเป็น โดยใช้เวลาในการรีดนมภายใน 8 นาที และมีความสม่ำเสมอในการรีดนม ตลอดจนมมีความนิ่มนวลในการรีดนม โคนมจึงจะหลั่งน้ำนมออกมาได้เต็มที่ โคจะใช้เวลาในการสร้างน้ำนมให้เต็มเต้านมนาน 35 ชั่วโมง แต่ถ้าหากผู้เลี้ยงรีดน้ำนมออกไม่หมดเต้า จะมีผลทำให้ความดันภายในอัลวีโอไลเพิ่มขึ้น และค่าความเข้มข้นของออสโมติกสูง ทำให้เซลล์หยุดการสร้างน้ำนมชั่วคราวและมีการซึมกลับของสาร เช่นน้ำตาลแล็คโตสและโปตัสเซี่ยม ซึ่งจะมีผลเสียทำให้แม่โคมีการสร้างน้ำนมในอัตราถดถอยปริมาณน้ำนมก็จะได้น้อยลง

2.7.3.10 การพักรีดน้ำนม โคนมจะต้องมีระยะการให้น้ำนม และระยะพักรีดน้ำนม ถ้าโคนมไม่มีระยะพักรีดนมเลย จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมที่ควรจะได้ใน Lactation ถัดไปลดลงมากกว่าร้อยละ 40-52 ทั้งนี้ เพราะโคไม่มีระยะเวลาในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ และให้เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมใหม่สร้างขึ้นมาได้ทันในจำนวนมาก การพักรีดน้ำนมจึงมีความจำเป็นและโดยทั่วไปควรมีระยะพักการรีดนมอย่างน้อย 60 วัน จึงจะพอเพียงต่ออัตราการเจริญเติบโตของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม (Secretory cell) ใหม่ และการพักรีดน้ำนมยังช่วยให้โคมีโอกาสสะสมอาหารไว้ในร่างกายเพื่อเป็นแหล่งอาหารสำรองช่วงการให้น้ำนม

2.7.3.11 ฤดูกาลมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมจะเห็นได้จากโคที่คลอดในฤดูฝน หรือต้นฤดูหนาวจะให้ผลผลิตของน้ำนมสูงกว่าโคที่ให้ลูกในระยะอื่นๆ ของปี เนื่องจากโคที่คลอดลูกในระยะนี้จะได้รับอาหารอุดมสมบูรณ์และสภาพอากาศเย็นสบายเหมาะกับการให้นมในระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่โคให้น้ำนมสูงสุดและเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนโคจะเข้าสู่ระยะที่ให้น้ำนมน้อย เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโคที่กำลังให้ผลผลิตสูง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยการทดลองย่อย 2 การทดลอง คือ การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ และศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมระยะกลางของการให้น้ำนม (Mid lactation) เปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ ซึ่งรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยของแต่ละการทดลองจะแสดงไว้ในแต่ละการทดลอง อย่างไรก็ตามวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขปประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ

3.1.1 แผนการทดลอง ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ 5×5 Factorial arrangement in Randomized Complete Block (Factorial arrangement in RCB) 3 ซ้ำ

3.1.2 การเตรียมพื้นที่ปลูกอ้อย โดยการไถ 4 จาน ไถ 7 จาน และพรวน 18 จาน พร้อมกับยกร่องมีระยะห่างระหว่างร่องประมาณ 1.10 - 1.20 เมตร

3.1.3 แบ่งแปลงปลูกอ้อยออกเป็นแปลงย่อยจำนวน 75 แปลง ขนาดแปลง 5×5 เมตร

3.1.4 เตรียมท่อนพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก โดยคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกมาจำนวน 5 พันธุ์ อายุไม่เกิน 9 เดือน มีการเจริญเติบโตดี ปราศโรคและแมลง

3.1.5 การปลูกอ้อย โดยนำท่อนพันธุ์อ้อยมาวางแบบเรียงเดี่ยว ต้นและปลายลำอ้อยซ้อนกันประมาณ 0.50 เมตร พร้อมกับใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 จำนวน 25 กก./ไร่ หลังจากนั้นกลบดินให้หนาประมาณ 5-10 เซนติเมตร

3.1.6 กำจัดวัชพืชในช่วง 3 เดือนแรก พร้อมกับใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 จำนวน 25 กก./ไร่

3.1.7 เก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงย่อย พร้อมกับวัดผลผลิตโดยการตัดต้นอ้อยชิดดินแล้วนำชั่งน้ำหนักทั้งต้นและใบ แยกต้นและใบแล้วหาน้ำหนักใบต่อต้น ที่อายุการตัดระยะต่างๆกัน คือ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือนตามลำดับ

3.1.8 สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยแต่ละพันธุ์ตามอายุการเก็บเกี่ยวระยะต่างๆ โดยแยกเป็นส่วนต้นและใบแล้วนำมาวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะ (DM, Ash, CP, CF, NDF, ADF และEE) รวมทั้งศึกษาการย่อยสลายของโภชนะ (*in sacco digestibility*) โดยวิธี Nylon bag ในโคเจาะกระเพาะหมัก (Fistulated cows) จำนวน 3 ตัว

3.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

3.2.1 คัดเลือกพันธุ์อ้อยจากการทดลองข้อ3.1 มาปลูกในแปลงทดลองจำนวน 4 ไร่ ที่เตรียมดินไว้แล้ว (ไถ 4 จาน, ไถ 7 จาน, พรวน 18 จาน และยกร่อง) หลังจากนั้นตัดเลี้ยงโคนมตามอายุการตัดและคุณค่าโภชนะที่มีระดับเหมาะสมจากการทดลองข้อ 3.1

3.2.2 เลี้ยงโครีดนมลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระยะกลางของการให้นม (Mid Lactation) โดยจัดการทดลองเป็นแบบกลุ่ม (Group comparison) คือ

กลุ่ม1 โครีดนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

กลุ่ม2 โครีดนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

3.2.3 บันทึกผลผลิตน้ำนมทุกวันและสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบสัปดาห์ละ 2 ครั้งติดต่อกัน (เย็น- เช้า) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบในน้ำนมดิบ (ไขมันนม, โปรตีนนม, น้ำตาลแล็คโตส, Solid not fat และ Total solid)

3.2.4 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมสัปดาห์ละ 2 วัน (เช้า-เย็น) ติดต่อกันเพื่อวัดการกินได้และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ (DM, Ash, CP, CF, NDF, ADF, ADL, EE, ADIN และ NDIN)

3.2.5 ชั่งน้ำหนักตัวโคหลังสิ้นสุดการทดลอง

3.2.6 ศึกษาการย่อยสลายของอาหารโดยใช้วิธีถุงไนล่อน (Nylon bag technique) และวัดความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) ของของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen fluid) โดยใช้โคเจาะกระเพาะ-หมักจำนวน 8 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 4 ตัว

กลุ่ม1 ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

กลุ่ม2 ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

3.3 ตัวแปรที่ทำการวิจัย

พันธุ์อ้อย คุณค่าทางโภชนะของอาหาร การย่อยสลายได้ของอาหารในกระเพาะหมัก ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม การกินได้ของวัตถุแห้ง ความต้องการพลังงานและโปรตีน น้ำหนักตัวก่อน-หลังของโคทดลองแต่ละกลุ่ม

3.4 การรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลการให้ผลผลิตของอ้อยพันธุ์ทั้ง 5 พันธุ์ ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน เก็บข้อมูลคุณค่าทางโภชนะและการย่อยสลายของอาหารโดยใช้วิธีถุงไนล่อน (48 และ 72 ชั่วโมง) ของอ้อยพันธุ์ 5 พันธุ์ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ กัน

เก็บข้อมูลการให้ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม การกินได้ น้ำหนักตัวโค เก็บข้อมูลการย่อยสลายของอาหารโดยใช้วิธีถุงไนล่อน (0, 6, 12, 24, 48, 72 และ96 ชั่วโมง ในอาหารหยาบ และ 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมงในอาหารข้น) และความเป็นกรด- ด่าง ของของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen fluid)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลดังกล่าวจะวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 5×5 Factorial arrangement in Randomized Complete Block (Factorial arrangement in RCB) 3 ซ้ำ พร้อมกับการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system) และการทดสอบแบบ t-test

3.6 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.7 ระยะเวลาของการทำวิจัย

เริ่มทำการวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2543 ถึง วันที่ 20 กรกฎาคม 2545

บทที่ 4
การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ

4.1 คำนำ

ปัญหาหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย คือการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารหลักสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากพื้นที่การเกษตรมีปริมาณจำกัด ราคาสูงหรือเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม จึงทำให้การใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยเลี้ยงโคนับวันจะมีความสำคัญยิ่งขึ้นที่จะช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในการใช้เป็นวัตถุดิบส่งโรงงานผลิตน้ำตาล ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนเมษายน ซึ่งมีจำนวนประมาณ 60 ล้านตัน/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546) อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถขึ้นเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศแห้งแล้ง และสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีหน้าดินลึกอย่างน้อย 20 นิ้ว เมื่อมีการปลูกอ้อยไปแล้วสามารถไว้ตอได้หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยตอจะขึ้นมาใหม่ ทำให้ไม่ต้องเสียค่าพันธุ์อ้อยมาปลูกใหม่ ค่าเตรียมดิน และค่าปลูก จากข้อมูลเหล่านี้เป็นไปได้ที่จะใช้ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคเพื่อช่วยลดการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งแต่เนื่องจากอ้อยมีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะโปรตีนและการย่อยได้ ดังนั้นการนำต้นอ้อยมาเลี้ยงโคจะต้องมีการวางแผนจัดการที่ดี เริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน อ้อยต้นพันธุ์ การปลูก การใส่ปุ๋ย การดูแลและป้องกันโรคทั้งนี้เพื่อให้อ้อยมีคุณภาพที่ดีมีระดับของโภชนะที่เหมาะสมโดยเฉพาะมีปริมาณน้ำตาลและปริมาณของเยื่อใยของอ้อยที่เหมาะสม ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตและการย่อยได้ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ของอ้อยบางพันธุ์เพื่อให้มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโค

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบผลผลิต คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

4.3.1 แผนการทดลอง ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ 5×5 แฟกทอเรียลสุ่มบล็อคสมบูรณ์ (5×5 Factorial arrangement in randomized complete block, RCB) มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัยดังนี้ คือ

ปัจจัยแรก คือ อ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 และ K 84-200

ปัจจัยที่สอง คือ อายุการตัดที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน

4.3.2 เตรียมพื้นที่ปลูกอ้อยโดยการไถดะด้วยไถ 4 จาน จำนวน 1 ครั้ง ไถแปรจำนวน 2 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ ด้วยไถ 7 จาน และพรวน 18 จาน เสร็จแล้วตามด้วยการยกร่องเป็นแถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.10 - 1.20 เมตร มี 5 แถวต่อ 1 แปลงย่อย โดยแปลงย่อยมีขนาด 5 × 5 เมตร จำนวน 75 แปลง

4.3.3 นำพันธุ์อ้อย 5 พันธุ์ คือ พันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 และพันธุ์ K84-200 อายุไม่เกิน 9 เดือน ปราศจากโรคและแมลง มาปลูกเป็นแถวในร่อง โดยวางท่อนพันธุ์เรียงต่อกันช่วงต่อระหว่างท่อนพันธุ์จะซ้อนกันประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วสับเป็นท่อนๆละประมาณ 50 เซนติเมตร พร้อมกับใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 จำนวน 25 กก./ไร่ หลังจากนั้นสับดินกลบท่อนพันธุ์เสร็จแล้วให้น้ำทันทีด้วยสปริงเกอร์

4.3.4 กำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยแต่งหน้าสูตร 46-0-0 จำนวน 25 กก./ไร่ เมื่ออ้อยอายุประมาณ 2 เดือนครึ่งถึง 3 เดือน โดยโรยข้างต้นอ้อยแล้วสับดินกลบ

4.3.5 วัดผลผลิตอ้อยที่อายุ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน โดยตัดต้นอ้อยชิดดินในแต่ละแปลงย่อย แล้วสุ่มตัวอย่างอ้อยในแต่ละแปลงย่อย แถวละ 2 ต้น เป็นจำนวน 10 ต้นต่อแปลง แยกต้นและใบ ชั่งน้ำหนักต้นและใบเพื่อหาอัตราส่วนน้ำหนักของต้นและใบอ้อย หลังจากนั้นนำอ้อยมาชั่งน้ำหนักทั้งหมดเพื่อวัดผลผลิต (น้ำหนักสด)

4.3.6 นำอ้อยที่สุ่มมาจำนวน 10 ต้นในแต่ละแปลงย่อย แยกต้นและใบออกแล้ว หั่นเป็นชิ้นเล็กๆยาวประมาณ 0.5-1 นิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้ง (Dry matter: DM) ของต้นและใบอ้อย โดยอบในตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม.

4.3.7 นำอ้อยที่บดแยกต้นและใบแล้วไปวิเคราะห์หา องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) เพื่อหาเถ้า (Ash) เยื่อใย (Crude fiber; CF) และไขมัน (Ether extract; EE) ด้วยเครื่องซอกเลท (Soxhlet auto analyser) โปรตีนหยาบ (Crude protein; CP) โดยวิธี Kjeldahl ด้วยเครื่องเคเจลเทค (Kjeldahl auto sampler system) เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber; NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber; ADF) การหา ADF และ NDF ใช้วิธี Detergent method (Goering and VanSoest, 1970)

4.3.8 ศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag technique) แช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov, et al., 1980) โดยนำถุงไนล่อนที่มีขนาดรูพรุนประมาณ 47 μm ที่ใช้ในการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซสเซียส จนกระทั่งแห้ง เพื่อไล่ความชื้น ชั่งน้ำหนักถุงไนล่อนแล้วนำต้นและใบอ้อยที่บดแล้วมาใส่ถุงประมาณ 3-5 กรัมต่อถุง

บันทึกน้ำหนัก มัดปากถุง หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วมาร้อยติดกับสายพลาสติกที่ร้อยเชือกไว้แล้วยาวประมาณ 90 เซนติเมตร นำไปหย่อนในกระเพาะหมักโดยให้ถุงไนล่อนมีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระภายในกระเพาะหมัก เพื่อที่จะให้ของเหลวในกระเพาะหมักจากส่วนต่างๆไหลเข้าออกถุงไนล่อนได้ และให้แต่ละถุงมีระยะเวลาแช่อยู่ในกระเพาะหมัก 48 และ 72 ชั่วโมงโดยแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำใช้โคเจาะกระเพาะ 3 ตัวโดยให้ถุงที่หย่อนในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ

โคเจาะกระเพาะหมักเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Friesian) สายเลือด 87.5 เปอร์เซนต์ อายุ 56 $\pm$ 12 เดือน มีน้ำหนัก 465 $\pm$ 70 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว เลี้ยงแบบในคอกขังเดี่ยว (Individual stall) ให้อาหารสำหรับการดำรงชีพโดยให้อาหารข้น (โปรตีนหยาบ 16%) ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และใช้ต้นอ้อยสดหั่นเป็นชิ้นประมาณ 2 - 3 นิ้ว เป็นอาหารหยาบ มีน้ำให้กินตลอดเวลา เมื่อแช่ถุงไนล่อนในกระเพาะหมักของโคได้ครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงไนล่อนออกจากกระเพาะหมักแล้วนำมาล้างทำความสะอาดถุง เพื่อให้ของเหลวในกระเพาะหมักที่ติดกับถุงและอาหารในถุงไนล่อนออกจากอาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยใช้น้ำปะปาฉีดล้างทำความสะอาด แล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดกิจกรรมอันเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบทั้งหมดแล้ว นำถุงไนล่อนมาล้างในเครื่องซักผ้าเป็นเวลา 15 นาที โดยเปิดเครื่องซักผ้าที่มีจังหวะการซักที่เบาที่สุด ในขณะที่เครื่องซักผ้าทำงานให้ปล่อยน้ำเข้าเครื่องและให้ล้นออกทางท่อล้นตลอดเวลาของการล้าง ปั่นแห้งในถังปั่นประมาณ 3 - 5 นาที หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆของวัตถุแห้ง มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายได้ของต้นและใบอ้อย

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 5 $\times$ 5 Factorial arrangement in RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

4.5 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและอาคารเครื่องมือ3 ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.6 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทดลอง วันที่ 1 ธันวาคม 2543 ถึง วันที่ 20 ธันวาคม 2544

4.7 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของอ้อย (กก./ไร่) 5 พันธุ์ คือพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน โดยแยกเป็นส่วนต้นอ้อย ใบอ้อย และรวมต้นกับใบอ้อย พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 และ K 84-200 ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยสุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 8 เดือน (2,416 กก.ต่อไร่) สูงสุด รองลงไป คืออ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 9 เดือน อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 8 เดือน และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 8 เดือน (2,311, 1,363 และ 770 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ) และผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยทั้ง 4 พันธุ์ที่อายุการตัด 5 เดือน (787, 169, 311 และ 91 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ) ต่ำสุด ส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 8 เดือน อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 7 เดือน สุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 6 เดือน และอู่ทอง 1 ที่อายุการตัด 7 เดือนมีผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อย (3,584 2,058 2,503 และ 1,994 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ) สูงสุดแตกต่างจากอายุการตัดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยทั้ง 4 พันธุ์ที่อายุการตัด 5 เดือน (1,360, 532, 1,040 และ 728 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ) ต่ำสุด เช่นเดียวกัน ส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อย ที่อายุการตัด 9 เดือน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (3,248 กก./ไร่) เช่นเดียวกัน แต่ไม่แตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 8, 7 และ 6 เดือน จะเห็นว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (1,117 กก./ไร่) ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์มากอสมีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อย (4,155 กก./ไร่) เฉลี่ยสูงสุด และอ้อยพันธุ์ K 84-200 มีผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (1,228 กก./ไร่)

ปริมาณโปรตีนหยาบ (Crude protein) ของอ้อยแยกเป็นส่วนต้นอ้อย ใบอ้อย และรวมต้นกับใบอ้อยแสดงในตารางที่ 1 พบว่าปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณโปรตีนของต้นอ้อยที่อายุการตัด 8 เดือน เฉลี่ยสูงสุด (33 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6, 7 และ 9 เดือน ส่วนอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน ทั้งใบ และรวมต้นกับใบอ้อยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (138 และ 164 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (128 และ 161 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือนมีปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยเฉลี่ยต่ำสุด (16, 56และ72 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนเหมือนกับผลผลิตน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ

และรวมต้นกับใบของอ้อยทุกพันธุ์ดังกล่าวข้างต้นก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน ปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยพันธุ์มากอสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (34, 173 และ 208 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) รองลงไป คืออ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 และอ้อยพันธุ์ K 84-200 มีปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบเฉลี่ยต่ำสุด (13, 38 และ 51 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ปริมาณโปรตีนทั้งต้นอ้อย ใบอ้อย และ รวมต้นกับใบของอ้อยแต่ละพันธุ์ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและพันธุ์อ้อย ($P>0.05$)

จากตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 8 เดือน อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 9 เดือน สุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 9 เดือน อู่ทอง 1 ที่อายุการตัด 9 เดือน และ พันธุ์ K84-200 ที่อายุการตัด 8 เดือน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (30.82%, 27.92%, 26.04%, 25.85% และ29.42% ตามลำดับ) สูงสุด ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5 เดือน (5.34%, 7.08%, 6.48%, 6.78% และ 6.61%ตามลำดับ) สูงสุดและเปอร์เซ็นต์โปรตีนของพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 อู่ทอง 1 และK 84-200 ที่อายุการตัด 9 เดือน (3.68%,3.95%,3.78% และ 3.16% ตามลำดับ) ต่ำสุด จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งอ้อยจะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) และไขมันของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NDF ของอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (28.48% และ 64.85% ตามลำดับ) แต่เปอร์เซ็นต์ NDF ของอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือนนี้ไม่ความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 5 และ 7 เดือน อ้อยที่ตัดอายุ 8 เดือน มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NDF มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (26.25% และ 61.19% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ไขมันของอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1.70%) และอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยต่ำสุด (1.30%) ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF ของอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (36.34%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (35.40%) และอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือนมีเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด (34.97%) ในเปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ (ยกเว้นพันธุ์มากอส) ที่ตัดอายุ 5 เดือน มีค่าสูงสุดแตกต่างจากอายุการตัดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นเถ้าของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ที่อายุการตัด 8 เดือน มีค่าต่ำสุด

องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 2 เปอร์เซ็นต์ ADF ของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์ K 84-200 พบว่ามีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ADF สูงสุด (36.52%) ตรงข้ามกับพันธุ์มากอสมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด (34.60%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากพันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์สุพรรณบุรี 50 เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใย NDF ไขมัน และเถ้าของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF, NDF และไขมันไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและพันธุ์อ้อย ($P>0.05$)

การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยโดยแยกเป็นส่วนต้นอ้อยและใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ (5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน) และอ้อยพันธุ์ต่างๆ (พันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200) ที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง แสดงไว้ในตารางที่ 3 พบว่า การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ที่ตัดอายุ 5 เดือน (77.09%, 81.01%, 78.69%, 77.07% และ 76.05% ตามลำดับ) มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 ชั่วโมง สูงสุด การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่ 72 ชั่วโมง อ้อยพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และK 84-200 ที่ตัดอายุ 5 เดือน (78.31%, 84.88%, 84.29%, 81.17% และ 80.23% ตามลำดับ) มีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด การย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ของต้นอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ต่ออายุการตัดที่ 5, 6,7, 8 และ 9 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) การย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ของต้นอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน พันธุ์อู่ทอง 3 มีค่าสูงสุด รองลงไป คืออ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือนและ 7 เดือน อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือน พันธุ์อู่ทอง 1 มีการย่อยสลายวัตถุแห้งต่ำสุด ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P< 0.01$) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 และ 72 ชั่วโมง เฉลี่ยสูงสุด (50.36% และ 60.91% ตามลำดับ) รองลงไป คือ อ้อยที่ตัดอายุ 6 , 7 , 8 และ 9 เดือน ต่ำที่สุด พันธุ์อ้อยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นมีการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยและใบอ้อยที่ 48 และ 72 ชั่วโมง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง เฉลี่ยสูงสุด (74.65% และ 75.48% ตามลำดับ) รองลงไป คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 และพันธุ์ K 84-200 ต่ำที่สุด ตรงกันข้ามกับใบอ้อยพันธุ์ K 84-200 มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 ชั่วโมง สูงสุด (47.46%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์อู่ทอง 1 ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบที่ 48 ชั่วโมง เฉลี่ยต่ำสุด (44.39%) สำหรับการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (56.17%) รองลงไป คือพันธุ์มากอส (55.88%) และพันธุ์อู่

ทอง 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (52.46%) การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธุ์ระหว่างพันธ์อ้อยและอายุการตัด (P>0.05)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลผลิตและปริมาณโปรตีนของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	ผลผลิต (กก.น้ำหนักแห้ง /ไร่)			ปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง /ไร่)		
		ต้น	ใบ	รวม	ต้น	ใบ	รวม
5	มากอส	787	1,361	2,148	28.65	93.67	122.32
	อู่ทอง 3	169	532	701	10.71	40.38	51.09
	สุพรรณบุรี 50	311	1,040	1,351	18.64	69.98	88.62
	อู่ทอง 1	306	728	1,034	15.95	57.44	73.39
	K 84-200	91	261	352	5.45	18.23	23.68
6	มากอส	1,229	3,269	4,498	41.21	194.90	236.11
	อู่ทอง 3	1,228	1,853	3,081	41.00	122.37	163.37
	สุพรรณบุรี 50	1,348	2,503	3,851	44.27	171.43	215.70
	อู่ทอง 1	909	1,452	2,361	26.03	102.59	128.62
	K 84-200	500	686	1,186	12.47	45.99	58.46
7	มากอส	1,267	3,121	4,388	33.81	207.42	241.23
	อู่ทอง 3	909	2,057	2,966	25.39	143.38	168.77
	สุพรรณบุรี 50	1,020	2,405	3,425	28.13	162.58	190.71
	อู่ทอง 1	1,017	1,993	3,010	26.98	121.85	148.83
	K 84-200	721	968	1,689	15.96	52.83	68.79
8	มากอส	1,104	3,584	4,688	26.17	210.25	236.42
	อู่ทอง 3	1,363	1,182	2,545	31.75	80.76	112.51
	สุพรรณบุรี 50	2,416	1,616	4,032	39.77	92.18	131.95
	อู่ทอง 1	1,921	1,287	3,208	51.94	79.49	131.43
	K 84-200	770	720	1,490	16.67	38.47	55.14
9	มากอส	2,311	2,742	5,053	42.11	160.20	202.31
	อู่ทอง 3	1,271	1,469	2,740	25.05	89.23	114.28
	สุพรรณบุรี 50	2,024	1,993	4,017	29.57	121.96	151.53
	อู่ทอง 1	1,412	1,594	3,006	23.55	102.88	126.43
	K 84-200	694	732	1,426	12.34	35.10	47.44
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.0001	0.0001
	อายุ*พันธุ์	0.0096	0.0241	0.6119	0.0510	0.0566	0.3053

SEM	44.70	45.47	77.86	1.12	3.02	3.60
CV (%)	35.71	23.92	24.70	35.93	24.96	23.70

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยดูภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.2 แสดงโภชนะของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย	ADF	NDF	ไขมัน	เถ้า
5	มากอส	21.55	5.34	27.18	33.84	63.76	1.04	4.40
	อู่ทอง 3	19.35	7.08	26.99	34.00	65.06	1.44	6.91
	สุพรรณบุรี 50	19.63	6.48	26.91	34.18	63.71	1.19	5.82
	อู่ทอง 1	18.69	6.78	26.73	35.14	63.57	1.62	6.22
	K 84-200	20.62	6.61	27.99	37.67	64.57	1.43	6.78
6	มากอส	28.02	5.04	28.59	34.97	65.98	1.17	4.47
	อู่ทอง 3	23.03	4.96	28.30	35.11	65.63	1.34	4.20
	สุพรรณบุรี 50	24.02	5.20	28.25	35.10	64.81	1.16	4.16
	อู่ทอง 1	22.91	5.03	28.24	35.42	63.99	1.51	4.71
	K 84-200	22.95	4.68	29.01	36.40	64.29	1.33	4.31
7	มากอส	27.00	5.30	27.55	35.01	62.44	1.66	4.40
	อู่ทอง 3	24.56	5.31	28.60	36.94	67.23	2.00	4.35
	สุพรรณบุรี 50	25.65	5.20	27.59	36.42	65.96	1.69	4.67
	อู่ทอง 1	25.11	4.62	27.59	36.53	64.58	1.48	4.70
	K 84-200	27.73	3.89	27.60	36.92	60.42	1.67	4.38
8	มากอส	30.82	4.86	27.63	36.92	67.74	1.96	4.82
	อู่ทอง 3	26.20	4.00	26.82	34.37	60.47	1.92	3.59
	สุพรรณบุรี 50	25.34	3.02	26.12	33.20	58.09	1.36	3.90
	อู่ทอง 1	23.15	3.93	26.09	35.49	58.81	1.60	3.93
	K 84-200	29.42	3.61	26.75	35.56	60.87	1.54	3.90
9	มากอส	27.20	3.68	26.77	34.01	60.26	1.49	4.07
	อู่ทอง 3	27.92	3.95	26.85	36.43	61.90	1.64	4.01
	สุพรรณบุรี 50	26.04	3.43	27.33	36.66	60.62	1.91	4.38
	อู่ทอง 1	25.85	3.78	27.73	37.38	62.59	1.46	4.11
	K 84-200	28.29	3.16	27.40	36.33	62.27	1.35	4.43
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0258	0.0005	0.0012	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.0001	0.3241	0.0067	0.2396	0.3185	0.6640
	อายุ*พันธุ์	0.0001	0.0001	0.1643	0.1063	0.1034	0.1997	0.0038

SEM	0.13	0.03	0.10	0.16	0.30	0.04	0.07
CV (%)	4.62	5.98	3.31	3.86	4.17	20.78	12.94

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยดูภาคผนวก ข

ตารางที่ 4.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	48 ชั่วโมง		72 ชั่วโมง	
		ต้น	ใบ	ต้น	ใบ
5	มากอส	77.08	50.57	78.31	60.69
	อู่ทอง 3	81.01	51.20	84.88	62.31
	สุพรรณบุรี 50	78.69	47.60	84.29	59.57
	อู่ทอง 1	77.06	50.31	81.17	61.36
	K 84-200	76.05	52.12	80.23	60.62
6	มากอส	76.07	50.19	76.85	58.00
	อู่ทอง 3	72.03	50.30	72.87	60.01
	สุพรรณบุรี 50	73.45	47.15	74.12	56.85
	อู่ทอง 1	73.15	48.28	71.82	55.50
	K 84-200	69.76	51.17	72.64	59.69
7	มากอส	76.75	49.07	76.35	57.92
	อู่ทอง 3	72.44	47.61	71.31	55.36
	สุพรรณบุรี 50	73.59	45.94	71.92	53.61
	อู่ทอง 1	73.53	48.83	71.95	52.39
	K 84-200	70.50	47.55	69.18	54.88
8	มากอส	73.48	46.65	74.23	55.49
	อู่ทอง 3	70.76	44.54	70.57	53.77
	สุพรรณบุรี 50	70.62	41.33	70.63	49.77
	อู่ทอง 1	67.56	42.88	67.23	49.23
	K 84-200	66.90	45.55	68.59	52.99
9	มากอส	69.88	38.40	71.66	47.29
	อู่ทอง 3	69.05	38.97	68.22	49.15
	สุพรรณบุรี 50	68.11	39.94	67.68	48.15
	อู่ทอง 1	64.11	36.93	64.70	43.82
	K 84-200	63.71	40.94	66.39	49.29
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.010	0.0001	0.001
	อายุ*พันธุ์	0.0217	0.8077	0.0001	0.3042

SEM	0.21	0.31	0.21	0.26
CV (%)	2.46	5.74	2.45	4.15

หมายเหตุ การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยดูภาคผนวก ข

4.8 วิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของอ้อย 5 พันธุ์ คือพันธุ์มากอส อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K84-200 เมื่อตัดที่อายุ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน อ้อยทุกพันธุ์ส่วนใหญ่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด อ้อยที่อายุการตัด 9 เดือนผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด (3,248 กก./ไร่) สอดคล้องกับรายงานของ Dijkstra et al., (1996) พบว่าอ้อยที่อายุการตัด 10-12 เดือน มีผลผลิตน้ำหนักแห้ง 3,200 ถึง 4,800 กก./ไร่ และอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือนผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุด (1,117 กก./ไร่) อาจเป็นเพราะการเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยแต่ละพันธุ์ไม่ได้เกิดพร้อมกัน ในขณะที่อ้อยเจริญเติบโตมากก็จะมีการสะสมน้ำตาลน้อย เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะลดลงก็ทำให้มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น และอ้อยช่วงอายุ 6-7 เดือนนี้ เป็นช่วงระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตได้เร็วที่สุด (สุวพงษ์, 2542) หลังจากระยะนี้อ้อยจะมีการเจริญเติบโตช้ามาก แต่อ้อยจะมีการสะสมน้ำตาลไว้ในลำต้นมากขึ้น สังเกตได้จากใบที่ส่วนยอดจะอยู่ชิดกันมากขึ้น ปล้องที่อยู่ส่วนยอดของลำต้นจะสั้นลง ใบอ้อยด้านล่างเริ่มแห้งและใบมีสีเหลืองอมเขียว อ้อยพันธุ์มากอสมีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงไป คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์อู่ทอง 3 และ พันธุ์ K 84-200 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอ้อยพันธุ์มากอสสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินร่วนปนทรายและมีความสามารถทนแล้งได้ดี (สมศรี และคณะ, 2543) เช่นเดียวกันปริมาณโปรตีน (น้ำหนักแห้ง) อ้อยพันธุ์มากอสจะมีปริมาณโปรตีนสูงสุด รองลงไป คือพันธุ์สุพรรณบุรี 50 และพันธุ์ K 84-200 มีปริมาณโปรตีนต่ำสุด เป็นเพราะว่าอ้อยพันธุ์มากอสให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด และมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงรองมาจากอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ผลผลิตโปรตีนเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อายุการตัด 7 เดือน รองลงไป คืออายุการตัดที่ 6 เดือน และอายุการตัดที่ 9 เดือนต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากผลผลิตน้ำหนักแห้งและเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยแต่ละพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอ้อย 5 พันธุ์พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดจาก 19.97% ที่อายุการตัด 5 เดือน ถึง 27.06% ที่อายุการตัด 9 เดือน(ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากอ้อยอยู่ในช่วงมีการเจริญเติบโตในระยะแรก (อายุ 5-7 เดือน) และหลังจากนั้นอ้อยมีการเจริญเติบโตลดลงพร้อมกับมีการสะสมน้ำตาลที่ลำต้นมากขึ้น เมื่ออ้อยสุกแก่เต็มที่จะประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส 15.5% น้ำ 65% ไฟเบอร์ 16.0% และอื่นๆ 3.5% (Hunsigi, 1993) สอดคล้องกับรายงานของ Kung and Stanley (1982) พบว่าวัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดเช่นกัน (วัตถุแห้งของอ้อย 22.3%, 21.4%, 29.0%, 30.4% และ 31.5% ที่อายุการตัด 6, 9, 12, 15 และ 24 เดือนตามลำดับ) ในทางตรงกันข้ามโปรตีนหยาบของอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น (โปรตีนหยาบ

ของอ้อย 6.46%, 4.98%, 4.86%, 3.88% และ 3.60% ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน ตามลำดับ) เช่นเดียวกันกับรายงานของ Kung and Stanley (1982) พบว่าโปรตีนของอ้อยจาก 6.4% ที่อายุการตัด 6 เดือน ลดลงถึง 1.8% ที่อายุการตัด 24 เดือน แต่รายงานของ เมธาและคณะ (2540) พบว่าอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีโปรตีนหยาบ (7.1%) สูงกว่าอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณปุ๋ยที่ให้ การจัดการดูแล และ สภาพภูมิอากาศ และจากรายงานของ เมธาและฉลอง (2533) พบว่าโปรตีนของหญ้ากินนีและหญ้าซิกแนลจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน เยื่อใย และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) จะเพิ่มสูงขึ้นที่อายุการตัด 6 เดือน และลดลง เมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายของ Kung and Stanley (1982) พบว่า เยื่อใย และ NDF ลดลงเมื่ออายุการตัดอ้อยเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะว่าอ้อยมีการสะสมน้ำตาลที่ลำต้นมากขึ้น

การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อย 5 พันธุ์ ตามอายุการตัดระยะต่างๆ อ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งที่การหมักแช่ถุงไนล่อนในกระเพาะหมักที่ 48 ชั่วโมง และ ที่ 72 ชั่วโมง จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับพืชอาหารสัตว์เขตร้อนพวกหญ้า เช่น หญ้ากินนีมีการย่อยสลายวัตถุแห้ง 70%, 59% และ 56% และหญ้าซิกแนลมีการย่อยสลายวัตถุแห้ง 74%, 64% และ61% เมื่ออายุการตัด 28, 56 และ84 วัน ตามลำดับ (เมธาและฉลอง, 2533) จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน พืชอาหารสัตว์อายุอ่อนจะย่อยได้ง่ายกว่าพืชที่มีอายุแก่ เพราะมีส่วนประกอบของลิกนิน ซิลิกา และคิวติน น้อยกว่า และในพืชอาหารสัตว์ที่แก่จัดจะมีลิกนิน ประกอบอยู่มากเป็นสัดส่วนตามอายุของพืช ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้ลดลง (วิโรจน์, 2546) สอดคล้องกับ West et al., (1997) พบว่า การย่อยสลายได้ของถั่วแห้งอัลฟาฟ่าต่ำกว่าหญ้าแห้งเบอร์มิวด้า เนื่องจากถั่วแห้งอัลฟาฟ่ามีลิกนินสะสมมากกว่าหญ้าแห้งเบอร์มิวด้า อ้อยทุกพันธุ์ที่อายุการตัด 5 เดือน มีการย่อยสลายวัตถุแห้งในส่วนของต้นอ้อยสูงสุด รองลงไปคือ อ้อยที่ตัดอายุ 7, 6, 8 และ 9 เดือน ตามลำดับ ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งในส่วนของใบอ้อย อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุดรองลงไป คือ พันธุ์ K 84-200 พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์สุพรรบุรี 50 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะอ้อยทั้ง 5 พันธุ์มีเยื่อใย และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) ไม่มีความแตกต่างกัน และอ้อยพันธุ์มากอสมีเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดต่ำสุด (ADF) ซึ่งค่า ADF จะบ่งบอกถึงการย่อยได้ของ อาหาร ถ้าค่า ADF สูง แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นจะมีสัดส่วนของลิกนิน ซึ่งโคย่อยไม่ได้อยู่มาก เช่นกัน ค่า ADF ที่ต่ำ แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นมีการย่อยได้สูง (วิโรจน์, 2546)

4.9 สรุปผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 8 เดือนมีค่าสูงสุด และเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 5 เดือน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุดและอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 9 เดือน ต่ำสุด เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) และไขมันของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใย NDF และไขมันของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) ของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีเยื่อใย ADF สูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีเยื่อใย ADF ต่ำสุด ส่วนเยื่อใย ADF ของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีเยื่อใย ADF สูงสุด และอ้อยพันธุ์มากอสมีเยื่อใย ADF ต่ำสุด และเถ้าของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) และปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ที่ตัดตามอายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยอ้อยพันธุ์มากอสให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด ส่วนปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) อ้อยพันธุ์มากอสให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดและพันธุ์K 84-200 ให้ปริมาณโปรตีนต่ำสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน มีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (163.7 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) แต่ไม่แตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน และอ้อยที่อายุ 9 เดือนมีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงไปคืออ้อยที่ตัดอายุ 8, 7, 6 และ 5 เดือนตามลำดับ อ้อยเมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้นจะมีวัตถุแห้ง และปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ตามอายุการตัดระยะต่างๆ จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งต่ำสุด ดังนั้นการนำต้นอ้อยสดมาเลี้ยงโคนมให้เหมาะสมจะต้องพิจารณาทั้งสายพันธุ์อ้อยและอายุการตัดเพื่อให้โคนมได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจ โดยจะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนะของอ้อย ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีน เนื่องจากจะมีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อย

ได้ซึ่งจะมีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนม และต้นทุนการผลิต จะเห็นว่าอ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 6 และ 7 เดือน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เลี้ยงโครีดนม เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนสูงสุด นอกจากนี้ยังมีการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยสูงกว่าอ้อยที่ตัดอายุ 8 และ 9 เดือน ซึ่งจะทำให้การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดมาเลี้ยงโครีดนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่การให้ผลผลิต และต้นทุนการผลิต

บทที่ 5
การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

5.1 คำนำ

อาหารหยาบนับว่ามีบทบาทและความสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพการผลิตโคนม ทั้งนี้เนื่องจากอาหารหยาบเป็นอาหารหลักหรือพื้นฐานในการเลี้ยงโคนมซึ่งโคนมจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ ในช่วงฤดูแล้งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคมักจะขาดแคลน การนำอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคอาจจะช่วยลดปัญหาวิกฤตการณ์การขาดแคลนอาหารหยาบดังกล่าวลงได้ การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคจะต้องมีการจัดการ และการวางแผนเป็นอย่างดีเพื่อให้ได้ทั้งปริมาณและคุณภาพที่มีความสม่ำเสมอ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบจะมีความสำคัญต่อความต้องการของโคนมเพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการผลิตน้ำนม โดยทั่วไปอายุของพืชอาหารสัตว์จะมีความสัมพันธ์กับระดับของโปรตีนและเยื่อใย เมื่ออายุมากขึ้นระดับโปรตีนจะลดลงในขณะที่ระดับของเยื่อใยจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบจะต้องมีคุณค่าทางโภชนะและปริมาณผลผลิตที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้นม (Mid lactation) เพื่อช่วยลดการขาดแคลนอาหารหยาบเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโคนมที่ได้รับต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบโดยเปรียบเทียบกับอาหารหยาบคุณภาพดี

5.3 อุปกรณ์และวิธีการ

5.3.1 การปลูกอ้อยสำหรับนำมาเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโค

นำพันธุ์อ้อยที่ศึกษามาแล้วจากการทดลองในบทที่ 4 คือ พันธุ์มากอสมาปลูกในแปลงที่เตรียมดินไว้แล้ว (ไถ 4 จาน, ไถ 7 จาน, พรวน 18 จาน และยกร่อง) จำนวน 4 ไร่ ใช้ท่อนพันธุ์อายุ 8 เดือน มาปลูกในร่องโดยวางท่อนพันธุ์เรียงต่อกันช่วงต่อระหว่างท่อนพันธุ์จะซ้อนกันประมาณ 50 เซนติเมตร แล้วสับเป็นท่อนๆยาวประมาณ 50 เซนติเมตร พร้อมกับโรยฟูราดานข้างๆ ท่อนพันธุ์จำนวน 6 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อป้องกันหนอนกออ้อย หลังจากนั้นสับดินกลบท่อนพันธุ์ ดูแลอ้อยหลังปลูกและกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 25 กก./ไร่ เมื่ออ้อยอายุ 1 เดือนครึ่งและใส่

ปุ๋ยสูตร46-0-0 จำนวน 25 กก/ไร่ เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือนอีกหนึ่งครั้ง โดยโรยปุ๋ยข้างต้นอ้อยแล้วสับดินกลบ เมื่ออ้อยอายุ 6-7 เดือน ตัดเลี้ยงโครีดนมลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน โดยตัดต้นอ้อยชิดดินแล้วนำมาสับด้วยเครื่องสับต้นอ้อยให้มีขนาด 2-3 นิ้ว ก่อนนำไปเลี้ยงโคทุกวัน

5.3.2 การจัดโคทดลองและการจัดการให้อาหาร

เลี้ยงโครีดนมลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเชี่ยนระยะกลางของการให้นม (Mid Lactation) โดยจัดแผนการทดลองแบบ Group comparison โดยแบ่งโครีดนมออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โครีดนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบให้กินแบบเต็มที่และอาหารข้น 6.25 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน โดยให้ 3 ครั้งต่อวันครั้งละเท่าๆ กัน (เวลา 8.00 น. 11.30 น. และ 16.30 น.) ใช้โครีดนมจำนวน 12 ตัว เลี้ยงแบบขังเดี่ยว (Individual stall) ในคอกขนาด 2 × 4 เมตร มีที่ให้น้ำและอาหารเฉพาะเป็นรายตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 โครีดนมที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบให้กินแบบเต็มที่และอาหารข้น 6.25 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน โดยให้ 3 ครั้งต่อวันครั้งละเท่าๆ กัน (เวลา 8.00 น. 11.30 น. และ 16.30 น.) ใช้โครีดนมจำนวน 12 ตัว เลี้ยงแบบขังเดี่ยว (Individual stall) ในคอกขนาด 2 × 4 เมตร มีที่ให้น้ำและอาหารเฉพาะเป็นรายตัว

โครีดนมที่ทดลองทั้ง 2 กลุ่มจะแบ่งกลุ่มตามปริมาณผลผลิตน้ำนม ระยะเวลาการให้น้ำนม อายุ จำนวนครั้งของการให้น้ำนม (Lactation number) และน้ำหนักตัว แล้วทำการจัดกลุ่มการทดลองตามค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยให้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองกลุ่ม (Stratified random balance group)

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมระยะกลางของการให้นมที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	16.49 ± 2.82	16.54 ± 1.98
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	119 ± 23	121 ± 22
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	429 ± 34	440 ± 31
จำนวนครั้งการให้นม	2.33 ± 1.56	2.33 ± 1.30
อายุ (เดือน)	54.83 ± 24.58	54.33 ± 18.47

5.3.3 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

จัดโครีดนมออกเป็นกลุ่มตามแผนการทดลองแล้ว ให้อาหารหยาบวันละ 2 ครั้ง และอาหารข้นวันละ 3 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 14 วัน เพื่อให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่น สภาพคอก เครื่องรีดนมระบบ Bucket type คนรีดนม และอาหาร

เป็นต้น ก่อนเก็บข้อมูลจริง หลังจากนั้นทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยทำการบันทึกปริมาณน้ำนมดิบทุกวัน โดยจะรีดนมโควันละ 2 ครั้ง (เวลา 5.00 น. และ 15.00 น.) แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดต่อกัน (เย็น- เช้า) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบ (ไขมันนม, โปรตีนนม, น้ำตาลแลคโตส, Solid not fat และ Total solid) โดยทำการแยกวิเคราะห์น้ำนมดิบเก็บช่วงเย็นและน้ำนมดิบเก็บช่วงเช้า ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Milko scan รุ่น S50

บันทึกการกินอาหารได้ของโค 2 วันต่อสัปดาห์ โดยชั่งน้ำหนักอาหาร (อาหารข้นและอาหารหยาบ) เลี้ยงโคทั้งก่อนกินและหลังกินทุกวันที่เก็บตัวอย่าง และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทั้งก่อนกิน (อาหารข้นและอาหารหยาบ) และหลังกิน (อาหารหยาบ) ในโคทดลองทั้ง 2 กลุ่ม ทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 วันติดต่อกัน เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ นำตัวอย่างอาหารก่อนและหลังกินที่สุ่มมาในแต่ละสัปดาห์ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซสเซียส ในตู้ Hot air oven เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter) แล้วเก็บไว้เมื่อครบ 6 สัปดาห์ แล้วนำตัวอย่างอาหารที่เก็บไว้มารวมกัน (Pooled) แล้วสุ่มตัวอย่างอาหารโดยวิธี Pooled and Subsampling อีกครั้งจะได้ตัวอย่างอาหารก่อนกินและอาหารหลังกินของโครีดนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เป็นรายตัวนำตัวอย่างอาหารมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วจึงนำตัวอย่างอาหารไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) จะหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โดยเครื่อง Hot air oven เถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ไขมันหรือสารสกัดอีเธอร์ (Ether extract, EE) โดยเครื่องซอกเลท (Soxhlet auto analyser) และเยื่อใย (Crude fiber, CF) โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (fibertec auto analyser) และวิเคราะห์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) โดยวิธี ดีเทอร์เจนท์ (Detergent method) (Goering and Van Soest, 1970) เพื่อแยกแยะหาปริมาณองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (fibertec auto analyser)

การวิเคราะห์หา NDF, ADF และลิกนิน ทำโดยการต้มตัวอย่างกับสารละลายที่เรียกว่า Neutral detergent solution ส่วนที่ละลายและถูกกรองทิ้งไป คือส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยได้ง่าย (Non structural carbohydrate, NSC) และส่วนที่เหลือเป็นกาก คือส่วนของผนังเซลล์ (Cell wall constituents, CWC) ซึ่งเรียกว่า Neutral detergent fiber (NDF) และเมื่อนำตัวอย่างมาต้มกับสารละลาย Acid detergent soluble (ADS) ส่วนที่ละลายและถูกกรองทิ้งไป คือ เฮมิเซลลูโลส ส่วนที่เป็นกากเหลืออยู่ คือส่วนของลิกนินและเซลลูโลส (Ligno-cellulose) ซึ่งเรียกว่า Acid detergent fiber (ADF) ต่อจากนั้นนำตัวอย่างมาต้มด้วยกรดกำมะถัน (72% H_2SO_4) ส่วนที่สลายตัวไปคือเซลลูโลสและส่วนที่เหลืออยู่คือ ลิกนินและเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid insoluble ash, AIA) เมื่อนำไปเผาลิกนินจะสลายตัวไปเหลือแต่ AIAซึ่งนำมาหักลบ คำนวณหาค่าลิกนิน (Acid detergent lignin, ADL) ได้

นำตัวอย่างอาหารวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser) และนำตัวอย่างอาหารที่เหลือจากการต้มด้วย Neutral detergent solution (NDS) และ Acid detergent soluble (ADS) ไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDIN) และไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADIN) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser) เช่นเดียวกัน เพื่อหาค่าเยื่อใยที่ปราศจากไนโตรเจน (NDF_N)

หลังจากสิ้นสุดการทดลอง ชั่งน้ำหนักโคทดลองทุกตัว

วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมัก โดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะหมัก (Rumen fluid) ของโคเจาะกระเพาะ ชั่วโมงที่ 0 (ก่อนการให้อาหารข้นและอาหารหยาบ), 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ชั่วโมง หลังจากการให้อาหาร มาวัดหาความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง pH/Temperature meter การเก็บตัวอย่างของเหลวจะเก็บวันสุดท้ายที่ศึกษาการย่อยสลายของอาหาร

5.3.4 การศึกษาการย่อยสลายอาหารในกระเพาะหมัก

การศึกษาการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะหมัก ด้วยวิธีการใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag technique) (Ørskov and Mehrez, 1977.; Lindlberg, 1985) โดยนำถุงไนล่อนที่มีขนาด 8×11 ซม. และ มีรูพรุนขนาด 47 μm เพื่อไม่ให้อาหารเล็ดลอดออกจากถุงแต่ทว่าจุลินทรีย์สามารถเข้าทำการย่อยอาหารในถุงได้มาอบที่อุณหภูมิ 60 เซสเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นหลังจากนั้นนำถุงมาชั่งน้ำหนักพร้อมกับชั่งน้ำหนักอาหารใส่ถุงประมาณ 3-5 กรัม ที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วผูกปากถุง นำถุงอาหารมาสอดเข้ากับสายยางที่ได้เจาะรูร้อยเชือกยาวประมาณ 90 เซนติเมตร ไว้แล้ว หลังจากนั้นนำไปแช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะหมักโดยสอดใส่ทางแคนูลา ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน คือ อาหารข้นแช่ไว้ที่ 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ส่วนอาหารหยาบแช่ไว้ที่ 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยใช้โคเจาะกระเพาะหมัก 4 ตัวต่อกลุ่มการทดลอง โคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ โคเจาะกระเพาะหมักเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมพันธุ์ไฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian, HF) สายเลือดผสมประมาณ 87.5% โดยแบ่งโค 2 กลุ่มการทดลอง คือ

กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารข้นและต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบจำนวน 4 ตัว อายุเฉลี่ยประมาณ 57 ± 15 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 468 ± 77 กิโลกรัม เลี้ยงแบบขังเดี่ยว มีน้ำให้กินตลอดเวลา

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารข้นและต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบจำนวน 4 ตัว อายุเฉลี่ยประมาณ 56 ± 11 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 462 ± 73 กิโลกรัม เลี้ยงแบบขังเดี่ยว มีน้ำให้กินตลอดเวลา

เมื่อครบตามกำหนดเวลานำถุงไนล่อนออกจากกระเพาะหมัก ล้างถุงไนล่อนด้วยน้ำประปาเพื่อล้างของเหลวจากกระเพาะหมักออกจากอาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลาย และเพื่อยับยั้งกิจกรรมอันเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนไปแช่แข็ง จนกระทั่งได้ตัวอย่างครบตามชั่วโมง ที่แช่ถุงไนล่อนไว้ ก็นำถุงไนล่อนมาล้างอีกครั้งโดยใช้เครื่องซักผ้าวิธีการทำง่ายๆ คือบรรจุถุงไนล่อนที่ต้องการล้างลงในถังซักที่มีน้ำอยู่เต็ม เปิดเครื่องซักผ้าที่มีจังหวะการซักที่เบาที่สุดใช้เวลา

การล้างประมาณ 15 นาที ต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำใส นำถุงที่ผ่านการล้างแล้วลงปั่นในถังปั่นแห้ง 3-5 นาที ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซสเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter) และนำอาหารที่เหลือแต่ละถุงไนล่อน ถุงที่ 1, 2, 3 และ 4 มารวมกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser)

นำค่าสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆ ที่นำถุงออกจากกระเพาะหมักที่ได้มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Ørskov and McDonald, 1979) ตามสมการดังนี้

$$dg = a + bc/(c+k)$$

เมื่อ dg = effective protein degradability

a = water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)

b = potentially degrade N , other than water soluble N

c = fractional rate of degradation of feed N per hour

k = fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้วสามารถนำไปหาค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก(Rumen Degradable Protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen Undegradable Protein, UDP) ได้ตามสมการดังนี้

$$RDP = CP * dg$$

CP = RDP + UDP หรือ UDP = CP – RDP

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก พลังงานและโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร และความต้องการพลังงานและโปรตีน ที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี t-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system) (1985)

5.5 สถานที่ทำการวิจัย

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและอาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.6 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทดลองตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2544 ถึง 20 กรกฎาคม 2545

5.7 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.2 ส่วนประกอบโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง กล่าวคือ กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มโคนมที่ได้รับอาหารข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ พบว่า ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนม กลุ่มการทดลองที่ 1 มีโปรตีน (Crude protein) วัตถุแห้ง เถ้า และ เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 แต่ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนม กลุ่มการทดลองที่ 2 มีเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) และลิกนิน (ADL) สูงกว่า กลุ่มการทดลองที่ 1 และส่วนประกอบโภชนะของอาหารอื่นๆพวกเยื่อใย และไขมันมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม

โภชนะ (%)	อาหารข้น	ข้าวโพดหมัก	ต้นอ้อยสด
วัตถุแห้ง	93.87	35.84	29.39
โปรตีน	18.36	7.55	5.03
เยื่อใย	10.30	22.81	22.71
ไขมัน	7.87	1.19	1.17
เถ้า	6.68	15.14	3.71
NDF	38.22	53.01	59.95
ADF	21.01	32.84	31.43
ADL	2.79	5.30	6.78
*dg*CP	0.88	0.74	0.71

ปริมาณการกินได้ของอาหาร วัตถุแห้ง โปรตีน และโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) แสดงในตารางที่ 5.3 พบว่า การกินอาหารได้ (วัตถุแห้ง) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะหมักของโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก และกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการได้รับโปรตีนในอาหารของโคนมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนได้สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสด (1,470 และ 1,397 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) แต่การได้รับโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (7.82 และ 7.17 กก.ต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 5.4 แสดงผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม พบว่า ผลผลิตน้ำนม ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณน้ำตาลแล็คโตส ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (Solid not fat, SNF) และปริมาณของแข็งรวม (Total solid) ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณการกินได้ วัตถุแห้ง โปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ของโคนม

ปริมาณการกินได้	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
วัตถุแห้ง (กก./ตัว/วัน)	10.53 ± 1.03	11.21 ± 1.57	0.2195	12.24
โปรตีน (กรัม /ตัว/วัน)	1,470 ± 76	1,397 ± 79	0.0326	5.48
TDN (กก./ตัว/วัน)	7.17 ± 0.56	7.82 ± 0.94	0.0500	10.33
pH ในกระเพาะหมัก	6.54 ± 0.18	6.36 ± 0.29	0.3321	3.69

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ตารางที่ 5.4 แสดงผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
น้ำนม (กก./ตัว/วัน)	12.57 ± 1.60	12.61 ± 1.77	0.9570	13.38
ไขมัน (กรัม/ตัว/วัน)	493 ± 9	459 ± 10	0.3589	20.10
โปรตีน (กรัม/ตัว/วัน)	372 ± 3	396 ± 4	0.1661	10.65
น้ำตาลแล็คโตส (กรัม/ตัว/วัน)	625 ± 3	631 ± 4	0.8809	13.26
SNF (กรัม/ตัว/วัน)	1,126 ± 4	1,157 ± 6	0.5902	11.82
Total solid (กรัม/ตัว/วัน)	1,489 ± 11	1,485 ± 12	0.9303	12.9

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

จากตารางที่ 5.5 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบน้ำนม พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์น้ำตาลแลคโตส เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน และ เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน) ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 5.6 พบว่า น้ำหนักตัวก่อนการทดลองของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลองของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดมีน้ำหนักตัวสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (448.33 และ 417.33 กิโลกรัม ตามลำดับ) และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 5.5 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
ไขมัน	3.53 ± 0.54	3.25 ± 0.62	0.1925	15.33
โปรตีน	2.66 ± 0.19	2.80 ± 0.25	0.0935	7.08
แล็คโตส	4.47 ± 0.15	4.47 ± 0.24	0.9107	4.03
SNF	8.06 ± 0.24	8.19 ± 0.38	0.3084	3.71
Total solid	10.66 ± 0.61	10.51 ± 0.76	0.5701	5.92

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ตารางที่ 5.6 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนม

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง				
ก่อนการทดลอง (กิโลกรัม)	429 ± 33.55	440.08 ± 30.56	0.4067	7.38
หลังการทดลอง (กิโลกรัม)	417.33 ± 39.50	448.33 ± 33.31	0.0495	8.44
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	- 208 ± 250	+147 ± 242	0.0019	807.55

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen Degradable Protein, RDP) โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen Undegradable Protein, UDP) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน (RDP/ME) จากอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่า โปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมักที่โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าโคนมได้รับต้นอ้อยสด (1,248 และ 1,187 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ส่วนโปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงานของกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักที่ได้รับจากอาหารสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 5.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) (กรัม/ตัว/วัน) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
โปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก	1,248 ± 58	1,187 ± 56	0.0146	4.68
โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก	222 ± 20	210 ± 23	0.2051	10.03
RDP/ME (gRDP/MJME)	11.54 ± 0.37	10.12 ± 0.76	0.0001	5.52

หมายเหตุ [1/]กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ความต้องการโปรตีนของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 5.8 พบว่า ความต้องการโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมักของโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ความต้องการโปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนจุลินทรีย์สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (1,077.21 และ 969.55 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความต้องการโปรตีนทั้งหมดของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดมีความต้องการโปรตีนทั้งหมดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (666.50 และ 577.18 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 5.8 แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ (กรัมต่อตัวต่อวัน)

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
ความต้องการ RDP	1,077 ± 99	1,197 ± 168	0.0449	12.11
RDP จากอาหาร	1,248 ± 58	1,187 ± 56	0.0146	4.68
ขาด/เกิน	+171 41	- 10 112	0.0001	104.62
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน(MCP)	970 ± 89	1,077 ± 151	0.0449	12.11
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด(AP_R)	577 ± 48	667 ± 73	0.0019	9.95
ความต้องการ UDP	- 82 ± 140	- 43 ± 104	0.4512	196.93
UDP จากอาหาร	222 ± 20	210 ± 23	0.2051	10.03
ขาด/เกิน	+304 ± 156	+253 ± 120	0.3876	50.11

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

จากตารางที่ 5.9 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง พบว่า พลังงานที่โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับพลังงานจากอาหารสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (17.75 และ 16.25 Mcal/day ตามลำดับ) ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และความต้องการพลังงานเพื่อการผลิตน้ำนมของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับความต้องการพลังงานเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างผลผลิต และพลังงานใช้ประโยชน์ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มการทดลองที่ 2 มีความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างผลผลิตและพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าโคนมกลุ่มการทดลองที่ 1 (9.12 , 7.69 และ 10.07 , 8.71 Mcal/day ตามลำดับ)

ตารางที่ 5.9 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ (Mcal/day)

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
NEL (intake)	16.25 ± 1.25	17.75 ± 2.11	0.0451	10.19
NE_M	7.54 ± 0.44	7.68 ± 0.40	0.4002	5.50
NE_L	8.71 ± 1.35	8.36 ± 1.31	0.5250	15.59
NE_G	- 1.02 ± 1.24	0.76 ± 1.23	0.0018	957.54
NE retention	7.69 ± 1.18	9.12 ± 1.66	0.0237	17.14
NEL – NE_M	8.71 ± 1.14	10.07 ± 1.96	0.050	17.10
Efficiency	0.8921 ± 0.17	0.9167 ± 0.12	0.6800	16.20

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

NEL หมายถึง พลังงานสุทธิที่ได้รับจากอาหาร

NE retention หมายถึง พลังงานสุทธิเพื่อการสร้างผลผลิต (=NE_L + NE_G)

NEL – NE_M หมายถึง พลังงานใช้ประโยชน์

Efficiency หมายถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อผลผลิต (= NE retention/NEI - NE_M)

5.8 วิจารณ์ผลการทดลอง

โครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ 2 ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ ในการให้อาหารโคนมแต่ละกลุ่ม อาหารข้นจะจ่ายให้ปริมาณเท่ากัน 3 ครั้งต่อวัน (เวลา 8.00 น. 11.30 น. และ 16.30 น.) ส่วนอาหารหยาบให้กินเต็มที่ (*ad libitum*) โดยส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 5.2) พบว่าโปรตีนหยาบต้นข้าวโพดหมักสูงกว่าต้นอ้อยสด (7.55% และ 5.03% ตามลำดับ) อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำและอาหารหยาบที่มีคุณภาพปานกลางมีโปรตีนหยาบ 2-5% และ 8-10% ตามลำดับ (ฉลอง, 2546) ระดับโปรตีนในอาหารโคนมจะมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนนม ยกเว้นถ้าโคนมได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่าความต้องการและเกิดขึ้นมากในโคนมที่ได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ ทรงศักดิ์ (2541) รายงานว่า โคนมได้รับ

อาหารโปรตีนหยาบจาก 16% เป็น 20% มีแนวโน้มเพิ่มการให้ผลผลิตน้ำนม แต่ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม

เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) ของต้นข้าวโพดหมักต่ำกว่าต้นอ้อยสด 53.01% และ 59.95 ตามลำดับ เยื่อใย NDF ในอาหารหยาบที่มีค่า 46-54% จัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพดี และ 54-62% จัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพปานกลาง (Hutjens, 2000) ซึ่งระดับเยื่อใย NDF ในอาหารหยาบเป็นตัวจำกัดปริมาณการกินได้ของอาหารโคนม (Hutjens, 2000; NRC, 2001) ถ้าอาหารหยาบที่มีเยื่อใย NDF ต่ำทำให้โคนมมีปริมาณการกินได้ที่สูง ส่วนอาหารหยาบที่มีเยื่อใย NDF สูง โคนมมีปริมาณการกินได้ที่ต่ำ เนื่องจากค่า NDF สูงในอาหารจะทำให้อาหารมีความฟ่ามมากขึ้นหรืออาหารจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะหมักนานขึ้น (วิโรจน์, 2546) ส่วนเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) ของต้นข้าวโพดหมักสูงกว่าต้นอ้อยสด 32.84% และ 31.43% ตามลำดับ Wanapat et al. (2000) รายงานว่าต้นอ้อยสดที่ตัดอายุ 6-7 เดือน มีค่าเยื่อใย ADF และเยื่อใย NDF สูงกว่า (42.7% และ 76.1% ตามลำดับ) อาจจะเนื่องจากความแตกต่างของพันธุ์อ้อยและสภาพแวดล้อม ซึ่ง NRC (2001) แนะนำว่าในอาหารเลี้ยงโคนมควรมีระดับเยื่อใย NDF ไม่ต่ำกว่า 26-30% และระดับเยื่อใย ADF ไม่ต่ำกว่า 19-21% การได้รับอาหารที่เยื่อใยที่ต่ำกว่านี้สำหรับเลี้ยงโครีดนม อาจทำให้การผลิตไขมันในน้ำนมอยู่ในระดับต่ำ เกิดกรดในกระเพาะหมัก โรคกีบอักเสบ และ ปริมาณการกินได้ไม่สม่ำเสมอ (Grant, 2000b) อย่างไรก็ตามระดับของเยื่อใย NDF ในอาหารโคนมควรคำนึงถึงระดับการให้ผลผลิตของโคนมด้วย โคนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมในระดับต่ำกว่า 20 กิโลกรัมต่อวัน ควรมีระดับเยื่อใย NDF 39% (Grant, 2000a) ส่วนระดับเยื่อใยหยาบ (Crude fiber; CF) ของต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดมีค่าใกล้เคียงกัน (22.81% และ 22.71% ตามลำดับ) ตามรายงานของ เมธาและฉลอง, 2533 พบว่า ต้นข้าวโพดหมักมีค่าเยื่อใยหยาบ 24.2% ระดับเยื่อใยหยาบในอาหารโคที่กำลังรีดนมควรมีค่า 17.3% (NRC, 1988) เป็นระดับที่โคนมสามารถจะผลิตไขมันในน้ำนมอยู่ในระดับปกติ

เถ้าในต้นข้าวโพดหมัก (15.14%) สูงกว่าต้นอ้อยสด (3.71%) บุญล้อม (2541ข) รายงานว่าข้าวโพดหมักมีเถ้า 5.6% ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณเถ้าของต้นข้าวโพดหมักที่ใช้ทดลองสูงอาจเนื่องมาจากมีดินติดปะปนมากับต้นข้าวโพดสดปริมาณมากขณะตัดต้นข้าวโพดก่อนนำมาหมักในหลุม ในส่วนของลิกนินของต้นอ้อยสดสูงกว่าต้นข้าวโพดหมัก (6.78% และ 5.30% ตามลำดับ) ซึ่งต้นอ้อยสดมีค่าลิกนินใกล้เคียงกับรายงานของ Wanapat et al. (2000) พบว่า อ้อยที่ตัดอายุ 6-7 เดือน มีลิกนิน 6.3% ในข้าวโพดหมักและฟางข้าวมีค่าลิกนิน 4.4% และ 4.9% ตามลำดับ (บุญล้อม, 2541ข) ลิกนินเป็นส่วนคาร์โบไฮเดรตที่โคนมย่อยไม่ได้และอาหารที่มีลิกนินประกอบอยู่มากจะย่อยยากทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้ของอาหารลดลง (วิโรจน์, 2546)

การกินวัตถุแห้งได้ของโคนมกลุ่มที่กินต้นข้าวโพดหมักและกลุ่มที่กินต้นอ้อยสดไม่มีความแตกต่างกัน (10.5 และ 11.2 กก.น้ำหนักแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 2.45% ของน้ำหนักตัวต่อวัน และ 2.55% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ) อาจจะเนื่องมาจากระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักของกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก และกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสด (ระดับ pH 6.54 และ pH 6.36 ตามลำดับ) อยู่ในภาวะปกติ (ระดับ pH 6.2-6.5) (วิโรจน์, 2546) ซึ่งเป็นภาวะที่เหมาะสมในการหมักและการย่อยอาหาร ตลอดจนการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดมีการกินได้วัตถุแห้งมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก เป็นเพราะจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่า เนื่องจากมีค่า RDP/ME ใกล้เคียง 8.38 gRDP/MJME (ARC, 1980; ARC, 1984) ซึ่งเป็นค่าที่มีความเหมาะสมต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ Wanapat, et al. (2000) รายงานว่า โครีดนมระยะปลายของการให้น้ำนมที่กินต้นอ้อยสด อายุ 6-7 เดือน มีปริมาณการกินวัตถุแห้งได้ 10.9 กก.ต่อตัวต่อวัน หรือ 1.6% ของน้ำหนักตัวต่อวัน แต่จากรายงานการวิจัยทางด้านการให้อาหารโครีดนมที่ได้ศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2535 เป็นต้นมา มีปริมาณการกินได้อาหารเฉลี่ย 12.7 กก./วัน (3.26% BW) ในช่วงกลางของรอบการให้น้ำนม (เฉลี่ย 139 วัน) (ฉลอง, 2546) ซึ่งสูงกว่าการทดลองนี้อาจเนื่องมาจากชนิดและคุณภาพอาหารหยาบ คุณภาพอาหารข้น ระยะของการให้น้ำนม สุขภาพโค สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นและสภาพแวดล้อม เป็นต้น เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) ในอาหารโคที่มีระดับ 50-60% เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดการกินวัตถุแห้งได้ (Pate, 1981) เนื่องจากการย่อยได้และอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักต่ำ และเมื่อพิจารณาโปรตีนหยาบที่โคนมได้รับ พบว่า ในกลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักสูงกว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสด อาจเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของต้นข้าวโพดหมักในส่วนโปรตีนหยาบมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยสด แต่โภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ที่โคนมได้รับกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ ซึ่งทั้งโปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมดจะต้องมีสัดส่วนที่สมดุล เพื่อให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตและแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำนวนประชากรจุลินทรีย์นี้จะมีผลต่อการย่อยอาหารและการกินได้

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมดิบของโคนมทั้งกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Wanapat, et al. (2000) พบว่า ผลผลิตน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของโครีดระยะปลายของการให้น้ำนมที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 5% และต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ (4.21 และ 4.26 กก.ต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ไขมันและโปรตีนนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื้อนมไม่รวมไขมัน (SNF) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (8.17% และ 8.06% ตามลำดับ) รายงานของ Harris (1983) พบว่า การใช้อ้อยหมักเทียบกับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม ผลผลิตน้ำนม มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (17.2 และ 18.5 กก.ต่อวันต่อตัว ตามลำดับ) อาจเนื่องมาจากการกินได้ของวัตถุแห้งของต้นอ้อยหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เป็นเพราะว่าอ้อยที่ใช้หมักมีอายุการตัด 1 ปี และอ้อยมีน้ำตาลสูงจึงทำให้มีการผลิตแอลกอฮอล์สูงโดยยีสต์ ส่วนโปรตีนนมก็มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (3.20% และ 3.0%ตามลำดับ) เช่นเดียวกัน แต่ไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

น้ำหนักตัวโคหลังสิ้นสุดการทดลองของโคกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก อาจจะเนื่องจากได้รับพลังงานสูงกว่า รายงานของ Harris, et al. (1983) พบว่า กลุ่มโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมที่ได้รับต้นอ้อยหมักเป็นอาหารหยาบมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันหลังสิ้นสุดการทดลองแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก ขณะที่รายงาน เมธา (2540ข) พบว่าการใช้ต้นอ้อยสดที่อายุตัด 7 เดือน เลี้ยงโคนมเพศผู้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น (62.2 กรัม/ตัว/วัน) แต่ต่ำกว่ากลุ่มโคนมเพศผู้ที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 5% (90.8 กรัม/ตัว/วัน) เนื่องมาจากการกินได้ต่ำกว่า (1.40 และ 2.08 % ของน้ำหนักตัว/วัน ตามลำดับ)

การได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักและโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก พบว่า กลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักจะได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นข้าวโพดหมักจะมีการย่อยสลายโปรตีนระหว่างการหมักจึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีน (dgCP) เพิ่มขึ้น จึงทำให้โคกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเกินกว่าความต้องการ แต่ในกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมักต่ำกว่าความต้องการ หรืออาจเนื่องจากต้นอ้อยสดมีโปรตีนหยาบต่ำ (4%) (Pate, 1985) ในส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก พบว่า โครีดนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลองได้รับไม่มีความแตกต่างกัน และได้รับเกินความต้องการ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อพลังงานใช้ประโยชน์ พบว่าในกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักมีสัดส่วนที่สูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ คือ 11.54 และ 10.12 gRDP/MJME ตามลำดับ ซึ่งตามที่ ARC (1980; 1984) รายงานสัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อพลังงานใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมมีค่า 8.38 gRDP/MJME เพื่อการทำงานของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนได้มากที่สุดถ้าสัดส่วนต่ำจะมีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนได้ต่ำและทำให้มีการผลิตกรดไขมันระเหยได้ในปริมาณที่สูงซึ่งจะมีผลต่อระบบนิเวศน์วิทยาภายในกระเพาะหมัก (Leng, 1991)

การกินได้ของพลังงานสุทธิ ที่แสดงในตารางที่ 5.9 ของกลุ่มการทดลองที่ 2 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากต้นข้าวโพดหมักมีปริมาณของเถ้าอยู่

สูง (15.14%) ซึ่งจะมีผลต่อการประเมินคุณค่าทางพลังงานที่นำเสนอใหม่ (Weiss et al., 1992) ตามรายงานของ เมธาและฉลอง (2533) และ บุญล้อม (2541ข) พบว่า ข้าวโพดหมักมีเถ้า 5.8% และ 5.6% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามโคทั้ง 2 กลุ่มก็ได้รับพลังงานเพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพ การให้ผลผลิตน้ำนม และการเพิ่มน้ำหนักตัว

5.9 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม เปรียบเทียบกับการใช้ต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ พบว่า กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดมีการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างจากกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก แต่ได้รับโปรตีนหยาบต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่งผลทำให้ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกัน ส่วนการได้โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งตรงกันข้ามกับการได้รับพลังงานย่อยได้ทั้งหมดและพลังงานสุทธิของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จึงทำให้น้ำหนักตัวโคสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ในส่วนของปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มโคที่ได้ต้นอ้อยสดและต้นข้าวโพดหมัก ดังนั้นการใช้ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมได้ไม่แตกต่างจากการใช้ต้นข้าวโพดหมัก จึงทำให้การใช้ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมสามารถนำมาทดแทนอาหารหยาบคุณภาพดีและสามารถที่จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบและช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนของแต่ละปี) โดยศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ และศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม (Mid lactation) เปรียบเทียบกับการใช้ต้นข้าวโพดหมักในการให้ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม การกินได้ น้ำหนักตัวโค และการย่อยสลายของโภชนะ พบว่า

1. ผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ตามอายุการตัดที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน

ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก.ต่อไร่) ของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสมีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงไปคือ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 อู่ทอง 3 และ K 84-200 ตามลำดับ ส่วนอายุการตัดของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ อายุการตัด 9 เดือน ผลผลิตสูงสุดแตกต่างจากอายุการตัดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณผลผลิตโปรตีน (น้ำหนักแห้ง) ของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์มากอสมีผลผลิตโปรตีนสูงสุดรองลงไปคือ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 3 อู่ทอง 1 และ K 84-200 ตามลำดับ ส่วนอายุการตัดของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีปริมาณผลผลิตโปรตีนสูงสุดแต่ไม่แตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 8 เดือนมีค่าสูงสุด รองลงไปคืออ้อยพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 9 เดือน พันธุ์อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 9 เดือน พันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 9 เดือน และพันธุ์อู่ทอง 1 ที่อายุการตัด 9 เดือน ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 5 เดือน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุดและอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่อายุการตัด 9 เดือน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบต่ำสุด เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น ตรงกันข้ามเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) และไขมันของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใย NDF และไขมันของ

อ้อยทั้ง 5 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยและเยื่อใย NDF ของอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน มีค่าสูงสุดและอ้อยที่ตัดอายุ 8 เดือน มีค่าต่ำสุด เปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) ของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีเยื่อใย ADF สูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีเยื่อใย ADF ต่ำสุด ส่วนเยื่อใย ADF ของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีเยื่อใย ADF สูงสุดและอ้อยพันธุ์มากอสมีเยื่อใย ADF ต่ำสุด และเถ้าของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 สุพรรณบุรี 50 อู่ทอง 1 และK 84-200 ต่ออายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ที่อายุการตัด 5 เดือน มีเถ้าสูงสุด

การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ตามอายุการตัดที่ 5, 6,7, 8 และ 9 เดือน ที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง สูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือนมีค่าการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ต่ำสุด การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีค่าสูงสุด รองลงไปคือ อ้อยพันธุ์มากอสและอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีค่าต่ำสุดและการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยที่ระยะเวลา 72 ชั่วโมง อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 สูงสุด รองลงไป คือ อ้อยพันธุ์มากอส ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ของต้นอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ต่ออายุการตัดที่ 5, 6,7, 8 และ 9 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) การย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ของต้นอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน พันธุ์อู่ทอง 3 มีค่าสูงสุด รองลงไป คืออ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือนและ 7 เดือน อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือน พันธุ์อู่ทอง 1 มีการย่อยสลายวัตถุแห้งต่ำสุด จะเห็นว่าการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ของต้นและใบอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น

จากการทดลองจะเห็นว่าอ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 6 และ 7 เดือน มีความเหมาะสมมากกว่าอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์ K84-200 ในการใช้ประโยชน์เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโครีดนม เมื่อพิจารณาจากปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณผลผลิตโปรตีน และการย่อยได้

2. การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมเปรียบเทียบการใช้ต้นข้าวโพดหมัก

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของโคทั้ง 2 กลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนการกินได้ของโปรตีนกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากข้าวโพดหมักมีโปรตีนหยาบและประสิทธิภาพการย่อย

สลายโปรตีน (dgCP) สูงกว่าต้นอ้อยสด จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมักสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนการได้รับโปรตีนไหลผ่านของโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

การได้รับโภชนะย่อยได้ทั้งหมด และพลังงานสุทธิของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่งผลให้น้ำหนักตัวโคหลังสิ้นสุดการทดลองของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับการให้ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนมของโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นการใช้ต้นอ้อยพันธุ์มากอสตัดสดอายุ 6-7 เดือน สามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนมและช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนมเป็นการสุ่ม (Random) พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกในประเทศไทยก็สามารถเลี้ยงโคนมได้ ถ้ามีอ้อยพันธุ์อื่นๆ ที่ปลูกกันทั่วไปในประเทศไทยก็สามารถทำได้

ข้อเสนอแนะ

การใช้ต้นอ้อยสดเป็นทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในการใช้ต้นอ้อยเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยต้นอ้อยที่จะนำมาเลี้ยงโคนมควรจะมีวิธีปฏิบัติดังนี้ คือ การวางแผนการปลูกและการจัดการที่ดี สับต้นอ้อยก่อนนำมาเลี้ยงโค เพื่อให้ไม่โคเลือกกิน มีความสูญเสียน้อย ทำให้โคมีปริมาณการกินได้เพิ่มมากขึ้น เสริมยูเรีย (ไม่เกิน 4%) เพื่อเป็นแหล่งไนโตรเจนให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสำหรับใช้สร้างโปรตีนของจุลินทรีย์และแบ่งตัวตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ และใช้ต้นอ้อยร่วมกับอาหารหยาบชนิดอื่น

อย่างไรก็ตาม ถ้าหากเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมสามารถหาอ้อยพันธุ์อะไรก็ตามและประสงค์จะนำมาเลี้ยงโคนมก็ย่อมสามารถกระทำได้ทั้งนี้จะต้องพิจารณาโภชนะที่มีในต้นอ้อยและต้นทุนต่อหน่วยน้ำหนัก (กิโลกรัม) ด้วย

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากอ้อยมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำจึงจัดเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ การนำอ้อยสดมาเลี้ยงโคนมจะต้องคำนึงถึงโภชนะที่สัตว์ได้รับ เพื่อให้เพียงพอกับการให้ผลผลิตโดยเฉพาะพลังงานและโปรตีน รวมทั้งความสมดุลย์ของแร่ธาตุ และไวตามิน ในการให้อาหารโคนมที่กำลังให้ผลผลิต จำเป็นที่จะต้องให้อาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะอยู่สูงเสริม คือ อาหารข้น ซึ่งอาหารข้นที่เสริมควรมีคุณสมบัติต่อไปนี้ (เมธา และฉลอง, 2533)

1. มีความน่ากินสำหรับสัตว์
2. มีอัตราการไหลผ่านจากกระเพาะหมักของจุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด
3. มีโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเป็นแหล่งของกรดอะมิโนที่จำเป็น (เมทไธโอนีนและไลซีน) นอกเหนือจากจุลินทรีย์โปรตีน เพื่อให้พอเพียงกับความต้องการของสัตว์
4. เพิ่มปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้จากอาหารให้เพียงพอกับระดับของการให้ผลผลิต
5. เพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมของโภชนะจากกระเพาะหมักและลำไส้

ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ข

รายการอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, (2539). **การปลูกอ้อย**. กรุงเทพฯ: กรม.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. (2546). **การจัดการด้านอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม**. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546. (หน้า 14-32). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

เฉลิมพล แซมเพชร. (2535). **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่.** เชียงใหม่ : โอเดียนสโตร.

ชวนิศนดากร วรวรรณ, ม.ร.ว.. (2534). **การเลี้ยงโคนม**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. (2541). **ผลของระดับโปรตีนและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อกระบวนการหมัก ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร- มหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541ก). **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541ข). **โภชนศาสตร์สัตว์ เล่ม 1.** เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประภาพร ตั้งธนธานิช. (2538). **สรีรวิทยาระบบกระเพาะอาหารและลำไส้.** คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประวีร์ วิชชุลตา ณิฐิมา เฉลิมแสน และสุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. (2546). สถานภาพองค์ประกอบน้ำนมดิบในประเทศไทย. ใน **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546.** (หน้า 7-13). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์, (2542). อ้อย. ใน สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์. **พืชเศรษฐกิจ**. (หน้า 270-285). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันทิพา พงเพียรจันทร์. (2539). **หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์.** เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พานิช ทินนิมิตร. (2535). **โภชนาศาสตร์สัตว์ประยุกต์.** สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนศาสตรสัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2540ก). “โคนมกับวิกฤติการณ์อาหารโคนม: ปัญหาและแนวทางแก้ไข” **วารสารโค-นม.** 16, 2 (มี.ค.-เม.ย.): 6-8.

เมธา วรรณพัฒน์. (2540ข). “มันสำปะหลังเฮย์ (มันเฮย์) อาหารโปรตีนพิเศษสำหรับโคนม” **วารสารโคนม.** 16, 5 (ก.ย.-ต.ค.): 22-28.

เมธา วรรณพัฒน์ และ ฉลอง วชิราภากร. (2533). **เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2546). **โคนม.** ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิโรจน์ พงศ์สกุล. (2532). **บทปฏิบัติการวิชาการผลิตพืชไร่ (144-211)**. ขอนแก่น: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2538). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม.** นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2539). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2542). **เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม.** นครราชสีมา:สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศูนย์เกษตรอ้อยภาคกลาง. (2537). **พันธุ์อ้อยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: อักษรสยาม.

สมศรี บุญเรือง และคณะ, ผู้เรียบเรียง. (2543). **พันธุ์อ้อยและลักษณะประจำพันธุ์.** กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

สารกิจ ถวิลประวัติ. (2546). นโยบายน้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภคและการรองรับการค้าเสรี. ใน **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546.** (ไม่ปรากฏเลขหน้า). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2537). พันธุ์อ้อยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2541). “สถานการณ์การผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยและของโลก”. **วารสารน้ำตาล.** 34,4: 1-7

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2546). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2544/2545.**ได้จาก http://oae.go.th/static/year book/2001-02

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2545). **กำหนดนมโคเป็นอาหารเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต.** ประกาศกระทรวงสารธารณสุข ฉบับที่ 265. กรุงเทพฯ: กระทรวงสารธารณสุข.

สุณีรัตน์ เอี่ยมละมัย. (2543). คุณภาพน้ำนมดิบโค มาตรฐานราคาน้ำนมดิบไทยควรจะไปในทิศทางใด. ใน **เอกสารประกอบการสัมมนา Workshop on Mastitis, Udder Health and Milk quality in Thailand.** หน้า 46-64. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์. (2542). **พืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสภณ สินธุประมา. (2537). **เอกสารวิชาการ การปลูกพืชไร่.** กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Agricultural Research Council. (1980). **The Nutrient requirement of ruminant livestock.** Commonwealth agricultural bureaux. The Gresham Press: survey.

Agricultural Research Council. (1984). **The Nutrient requirement of ruminant livestock.** (Supplement) Commonwealth agricultural bureaux. The Gresham Press: survey.

Alvarez, F.J. and Preston, T.R. (1976a). "*Leucaena leucocephala* as protein supplement for dual purpose milk and weaned calf production on sugarcane based rations". **Tropical Animal Production**. 1:112-119.

Alvarez, F.J. and Preston, T.R. (1976b). "Studies on urea utilisation in sugarcane- diets: Effect of level". **Tropical Animal Production**. 1:194-201.

Alvarez, F.J., Wilson, A. and Preston, T.R. (1977). "Sugarcane, molasses and restricted grass/legume grazing or unsupplemented grazing for milk and weaned calf production in a dual purpose herd during the wet season". **Tropical Animal Production.** 2 :219-222.

Alvarez, F.J., Wilson, A. and Preston, T.R. (1978). "*Leucaena leucocephala* as protein supplement for dual purpose milk and weaned calf production on sugarcane-based diets: Comparisons with rice polishing". **Tropical Animal Production.** 3 : 51- 55.

Amos, H.E. (1986). "Influence of dietary protien degradability and energy concentration on growth of heifers and steer and intraruminal protien metabolism". **Journal of Dairy Science**. 69 : 2099-2110.

Association of Official Analytical Chemists. (1990). **Official methods of analysis.** Washington D. C.: AOAC.

Conrad, H.R.; Weiss, W.P.; Odwongo, W.O. and Shockey, W.L. (1984). "Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls". **Journal of Dairy Science.** 67 : 427-.

Creek, M.J.; Squire, H.A. and Mulder, J. (1976). "Fresh sugarcane as a substitute for maize silage in beef cattle rations". **World Review of Animal Production**. 12:35-42.

Dijkstra, J.; France J.; Neal, H.D.ST.C.; Assis, A.G.; Aroeira, L.J. and Campos, O.F. (1996). "Simulation of digestion in cattle fed sugarcane: model development". **Journal of Agricultural Science**. 127 : 231-246.

Elliot, R.; Ferreiro, H.M.; Priego, A. and Preston, T.R. (1978a). "Rice polishings as a supplement in sugarcane diets: The quantities of starch (glucose polymers) entering the proximal duodenum". **Tropical Animal Production**. 3 : 30-35.

Elliot, R.; Ferreiro, H.M.; Priego, A. and Preston, T.R. (1978b). "Estimate of the quantity of protein escaping degradation in the rumen of steers fed chopped sugarcane, molasses/urea supplemented with varying quantities of rice polishings". **Tropical Animal Production**. 3 : 36-39.

Ferreiro, H.M.; Preston, T.R. and Sutherland, T.M. (1977). "Investigation of dietary limitations on sugarcane-based diets". **Tropical Animal Production.** 2:56-61.

Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970). **Forage fiber analysis.** Washington : USAD Agric.

Goad, D.W.; Goad, C.L. and Nagaraja, T. G. (1998). "Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers". **Journal of Animal Science.** 76 : 234-241.

Grant, R. (2000a). Evaluating the feeding value of fibrous feeds for dairy cattle. Available from: http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/g91-1034.htm.

Grant, R. (2000b). Feeding to maximize protien and fat. Available from: http://www.ianr.unl.edus/pubs/Dairy/g1358.htm.

Harris, B.JR.; Vanhorn, H.H.; Manookian, K.E.; Marshall, S.P.; Taylor, M.J. and Wilcox, C.J. (1983). "Sugarcane silage , sodium hydroxide and steam pressure-treated sugarcane bagasse, corn silage, cottonseed hulls, sodium bicarbonate, and *Aspergillis oryzae* product in complete rations for lactating cows". **Journal of Dairy Science.** 66:1474-1485.

Hulman, B. and Preston, T.R. (1981). "*Leucaena leucocephala* as a source of protein for growing animals fed whole sugarcane and urea". **Tropical Animal Production.** 6:318-321.

Hunsigi, G. (1993). **Production of sugarcane : Theory and practice**. New York : Springer-Verlag.

Hutjens, M.F. (2000). Identifying limiting nutritional constrains to profitability. Available from: http://classes.aces.uiuc.edu/htm

Kung, L., and Stanley, R.W. (1982). "Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage". **Journal of Animal Science.** 54 (4):689-695.

Leng, R.A. (1991). **Feeding strategies for improving milk production of dairy animals managed by dairy cows in the tropics.** A. Speedy and R. Sancoucy. FAO, Rome. 82-104.

Lindberg, J.E. (1985). Estimation of rumen degradability of feed proteins with the *in sacco* technique and various *in vitro* methods: A review. **Acta Agricultural Scandinavica**. Supplement No. 25:64-97.

Lopez, J.M.; Preston, T.R.; Sutherland, T.M. and Wilson, A. (1976). "Rice polishings as a supplement in sugarcane diets: effect of level of rice polishings in wet and dry season conditions". **Tropical Animal Production.** 1:164-171.

Meyreles, L.; McLeod, N.A. and Preston, T.R. (1977). "Cassava forage as a protein supplement in sugarcane diets for cattle: effect of different levels on growth and rumen fermentation". **Tropical Animal Production**. 2:73-80.

Moorby, J.M.; Dewhurst, R.J.; Tweed, J.K.S.; Dhanoa, M.S. and Beck, N.F.G. (2000). "Effects of altering energy and protien supply to dairy cows during the dry period. 2. Method and hormonal responses". **Journal of Dairy Science.** 83, 8 : 1795-1805.

Nakamura, T.; Klopfenstein, T.J. and Britton, R.A. (1994). "Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage protiens". **Journal of Animal Science.** 72 : 1043-.

National Research Council. (1988). **The Nutrient requirements of dairy cattle**. 6th ed. Washington : National Academic Press.

National Research Council. (2001). **The Nutrient requirements of dairy cattle.** 7th Revised Edition. Washington : National Academy Press.

Ørskov, E.R. (1986). **Protien nutrition in ruminant.** 2nd ed. London: Acdamic Press.

Ørskov, E.R.; Deb Hovell, F. N. and Molu F. (1980). "The use nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs". **Tropical Animal Production.** 5: 195-213.

Ørskov, E.R. and McDonald, P. (1979). "The Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage". **Journal of Agricultural Science.** 92 : 499-503.

Ørskov, E.R. and Mehrez, A.Z. (1977). "Estimation of extent of protein degradation from basal feeds in ruminant of sheep". **Proceedings of the Nutrition Society.** 36:78A

Palmquist, D.L. (1991). "Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows". **Journal of Dairy Science.** 74:1354-.

Pate, F.M. (1981). "Fresh chopped sugarcane in growing-finishing steer diets". **Journal of Animal Science.** 53 (4) : 881-888.

Pate, F.M.; Fairhurst, P.M. and Munthali, J.T.K. 1985. "Urea levels and supplemental energy sources in sugarcane diets". **Journal of Animal Science.** 61(1): 252-259.

Preston, T.R. and Leng, R.A. (1987). **Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics.** Armidable, Australia : Penumbul Books..

Preston, T.R.; Carcano, C.; Alvarez, F.J. and Guttierez, D.G. (1976). "Rice polishings as a supplement in a sugarcane diet: effect of level of rice polishing and processing the sugarcane by derinding or chopping". **Tropical Animal Production.** 1:150-163.

Rangnekar, D.V. (1988). Availability and intensive utilisation of sugarcane by-production. In: **Nonconventional Feed Resources and Fibrous Agricultural Residues: Strategies for Expanded Utilisation**. pp. 76-93. International Development Research Centre. Indian Council of Agricultural Research.

Statistical analysis system. (1985). **SAS User's Guide:** Statistics, Version 5 edition. Cary, NC: SAS institute

Wanapat, M.S.; Chumpawadee and Paengkoum, P. (2000). "Utilization of urea-treated rice straw and whole sugar cane crop as roughage sources for dairy cattle during the dry season. **Asian-Aus Journal of Animal Science.** 13(4):474-477.

West, J.W.; Hill, G.M.; Gates, R.N. and Mullinix, B.G. (1997). “Effects of dietary forage source and amount of forage addition on intake, milk yield and digestion for lactating dairy cows”. **Journal of Dairy Science.** 80:1656-1665.

Weiss, W.P.; Conrad, H.R. and Shockey, W.L. (1983). “Predicting digestible protien using acid detergent insoluble nitrogen”. **Journal of Dairy Science.** 66 : 192 (abstr.)

Weiss, W.P.; Conrad, H.R. and St. Pierre, N.R. (1992). “A theroretically-based model for predicting total digestible nutrient values for forages and concentrates”. **Animal Feed Science and Technology.** 39 : 95-.

Wiseman, J. (1987). **Feeding of non-ruminant livestock.** London : Butterworth.

ภาคผนวก ก

การประมาณค่าพลังงาน โปรตีนในอาหารและความต้องการพลังงาน โปรตีนของโคนม

1. การคำนวณพลังงาน

การคำนวณโภชนะพลังงานและโปรตีนในการศึกษานี้ เป็นการศึกษาระดับของโภชนะพลังงานและโปรตีนที่ตัวสัตว์ต้องการและในอาหารที่สัตว์ได้รับโดยใช้สมการในการหาระดับของโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1988) ดังนี้

1.1 การคำนวณพลังงานในอาหาร (Net Energy Intake)

การประมาณค่าพลังงานสุทธิที่กินได้ของโคนม และค่าพลังงานที่โคใช้เพื่อกิจกรรมต่างๆ รวมถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 2 กลุ่มการทดลองสามารถคำนวณได้ดังนี้

1. พลังงานสุทธิที่กินได้ (Total NE intake) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$NE\ intake = NE_L \times DM\ intake$$

เมื่อ $NE_L = (0.0245 \times \%TDN) - 0.125$

โดยที่ NE_L สามารถคำนวณได้จากค่า TDN ที่ได้คำนวณมาจากค่าพลังงานของโภชนะต่างๆ คือCP, Fat, NFC และ NDF โดยในการคำนวณต้องใช้ค่า True digestibility (TD) ของโภชนะนั้นๆ ด้วย ค่า TDN จึงสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} - 7$$

โดยที่ค่า E_{CP} (Energy of crude protein), E_{FA} (Energy of fatty acid), E_{NDF} (Energy of neutral detergent fiber) และ E_{NFC} (Energy of non carbohydrate) สามารถคำนวณได้จาก

$$E_{CP} = TD_{CP} \times CP$$

เมื่อค่า $TD_{CP} = 1 - (0.004 \times ADIN)$

$$E_{FA} = \left[1.03 - (0.03FA)\right] \times 2.25\ FA$$

$$E_{NDF} = 0.75\ (NDF_N - Lignin) \left[\ 1 - (Lignin/\ NDF_N\ )^{0.667}\ \right]$$

เมื่อค่า NDF_N = NDF - NDICP (โดยที่ NDICP เท่ากับ NDIN $\times$ 6.25)

$$E_{NFC} = 0.98\ \left[100 - NDF_N - CP - Ash - (FA + 1.5)\right]$$

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

โคนมได้รับอาหารข้นมีเปอร์เซนต์โปรตีน 18.36, ADIN 0.8525, ไขมัน 7.87, NDF 38.22, NDIN 1.9, ลิกนิน 2.79 และเถ้า 6.68 ส่วนต้นข้าวโพดหมักที่โคได้รับมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 7.55,

ADIN 0.4985, ไขมัน 1.19, NDF 53.01, NDIN 0.948, ลิกนิน 5.30 และเถ้า 15.14 และโคกินต้นข้าวโพดหมักได้ 4.28 กก.หนักแห้ง และกินอาหารข้นได้ 6.25 กก.น้ำหนักแห้ง

พลังงานที่ได้รับจากอาหารข้น

จากสมการ $E_{CP} = TD_{CP} \times CP = 0.99659 \times 18.36 = 18.2974$

เมื่อค่า $TD_{CP} = 1 - (0.004 \times ADIN) = 1 – (0.004 \times 0.8525) = 0.99659$

$E_{FA} = \left[1.03 - (0.03FA)\right] \times 2.25\ FA = \left[1.03 - (0.03*7.87)\right] \times 2.25*(7.87) = 14.06$

$E_{NDF} = 0.75(NDF_N\text{-Lignin})\left[1- (Lignin/\ NDF_N)^{0.667}\right] = 0.75(26.34–2.79)\left[1- (2.79/26.34)^{0.667}\right] = 13.78$

เมื่อค่า NDF_N = NDF - NDICP (โดยที่ NDICP เท่ากับ NDIN $\times$ 6.25)

$NDF_N = 38.22 – 11.875 = 26.34$ (โดยที่ NDICP = $1.9 \times 6.25 = 11.875$)

$E_{NFC} = 0.98\left[100\text{-}NDF_N\text{ -CP- Ash - (FA + 1.5)}\right] = 0.98\left[100–26.34–18.36–6.68\text{-}(7.87+1.5)\right] = 38.47$

จาก $TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} – 7 = (18.2974 + 14.06 + 13.78 + 38.47) – 7 = 77.61$

$NE_L = (0.0245 \times TDN) - 0.125 = (0.0245 \times 77.61) - 0.125 = 1.78$

NE intake = $NE_L \times$ DM intake $= 1.78 \times 6.25 = 11.10$

พลังงานที่ได้รับจากต้นข้าวโพดหมัก

จากสมการ $E_{CP} = TD_{CP} \times CP = 0.99801 \times 7.55 = 7.53$

เมื่อค่า $TD_{CP} = 1 - (0.004 \times ADIN) = 1 – (0.004 \times 0.4985) = 0.99801$

$E_{FA} = \left[1.03 - (0.03FA)\right] \times 2.25\ FA = \left[1.03 - (0.03*1.19)\right] \times 2.25*(1.19) = 2.66$

$E_{NDF} = 0.75(NDF_N\text{-Lignin})\left[1- (Lignin/\ NDF_N)^{0.667}\right] = 0.75(47.08–5.30)\left[1- (5.30/47.08)^{0.667}\right] = 24.13$

เมื่อค่า NDF_N = NDF - NDICP (โดยที่ NDICP เท่ากับ NDIN $\times$ 6.25)

$NDF_N = 53.01 – 5.925 = 47.08$ (โดยที่ NDICP = $0.948 \times 6.25 = 5.925$)

$E_{NFC} = 0.98\left[100\text{-}NDF_N\text{ -CP- Ash - (FA + 1.5)}\right] = 0.98\left[100–47.08–7.55–15.14\text{-}(1.19+1.5)\right] = 26.99$

จาก $TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} – 7 = (7.53 + 2.66 + 24.13 + 26.99) – 7 = 54.31$

$NE_L = (0.0245 \times TDN) - 0.125 = (0.0245 \times 54.31) - 0.125 = 1.21$

NE intake = $NE_L \times$ DM intake $= 1.21 \times 4.28 = 5.18$

สรุป กลุ่มโคที่ 1 ได้รับพลังงาน (NE intake) ทั้งหมด = 11.10 + 5.18 = 16.28 Mcal/day

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

โคนมได้รับอาหารข้นมีเปอร์เซนต์โปรตีน 18.36, ADIN 0.8525, ไขมัน 7.87, NDF 38.22, NDIN 1.9, ลิกนิน 2.79 และเถ้า 6.68 ส่วนต้นอ้อยสดที่โคได้รับมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 5.03, ADIN

0.1775, ไขมัน 1.17, NDF 59.95, NDIN 0.3435, ลิกนิน 6.78 และเถ้า 3.71 โครีดนมกินอ้อยสดได้ 4.96 กก.น้ำหนักแห้ง และกินอาหารข้นได้ 6.25 กก.น้ำหนักแห้ง

พลังงานที่ได้รับจากอาหารข้นเท่ากับกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก

พลังงานที่ได้รับจากต้นอ้อยสด

จากสมการ $E_{CP} = TD_{CP} \times CP = 0.99929 \times 5.03 = 5.03$

เมื่อค่า $TD_{CP} = 1 - (0.004 \times ADIN) = 1 – (0.004 \times 0.1775) = 0.99929$

$E_{FA} = \left[1.03 - (0.03FA)\right] \times 2.25\ FA = \left[1.03 - (0.03*1.17)\right] \times 2.25*(1.17) = 2.62$

$E_{NDF} = 0.75(NDF_N\text{-Lignin})\left[1- (Lignin/\ NDF_N)^{0.667}\right] = 0.75(57.8–6.78)\left[1- (6.78/57.8)^{0.667}\right] = 29.08$

เมื่อค่า NDF_N = NDF - NDICP (โดยที่ NDICP เท่ากับ NDIN $\times$ 6.25)

$NDF_N = 59.95 – 2.15 = 57.8$ (โดยที่ NDICP = $0.3435 \times 6.25 = 2.15$)

$E_{NFC} = 0.98\left[100\text{-}NDF_N\text{ -CP- Ash - (FA + 1.5)}\right]=0.98\left[100– 57.8– 5.03– 3.71- (1.17+1.5)\right]= 30.17$

จาก $TDN = E_{CP} + E_{FA} + E_{NDF} + E_{NFC} – 7 = (5.03 + 2.62 + 29.08 + 30.17) – 7 = 59.9$

$NE_L = (0.0245 \times TDN) - 0.125 = (0.0245 \times 59.9) - 0.125 = 1.34$

NE intake = $NE_L \times$ DM intake $= 1.34 \times 4.96 = 6.65$

สรุป กลุ่มโคที่ 2 ได้รับพลังงาน (NE intake) ทั้งหมด = 11.10 + 6.65 = 17.75 Mcal/day

1.2 การคำนวณความต้องการพลังงานในโครีดนม (Net Energy Requirement, NE_R)

พลังงานที่โคนมต้องการนำไปใช้ คือเพื่อการดำรงชีพ (Net Energy for Maintenance, NE_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Net Energy for Gain) เพื่อการให้น้ำนม (Net Energy for Lactation, NE_L) นั่นคือ

$$NE_R = NE_M + NE_G + NE_L$$

เมื่อ $NE_M(Mcal) = 0.08 \times (Live\ Weigh)^{0.75}$

NE_G (Mcal/Kg Change) = 5.12 For Gain

4.92 For Loss

NE_L (Mcal / Kg Milk) = (0.3512 + (0.0962 $\times$%Fat))* Milk yield (kg/day)

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

โคนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 429 กิโลกรัม ให้น้ำนมเฉลี่ย 12.57 กิโลกรัม น้ำนมมีไขมันเฉลี่ย 3.5% และโคนมมีน้ำหนักลดลงวันละ 208 กรัมต่อวัน

จากสมการ $NE_M(Mcal) = 0.08 \times (429)^{0.75} = 7.54$ Mcal/day

NE_G (Mcal/Kg Change) = 4.92 (0.208) = (- 1.02) Mcal/kg change

NE_L (Mcal / Kg Milk) = (0.3512 + (0.0962 × 3.5))* 12.57 = 8.65 Mcal/day

ดังนั้น $NE_R = NE_M + NE_G + NE_L$ = 8.65 + 7.54 – 1.02 = 15.17 Mcal/day

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

โคนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 440 กิโลกรัม ให้น้ำนมเฉลี่ย 12.61 กิโลกรัม น้ำนมมีไขมันเฉลี่ย 3.25% และโคนมมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นวันละ 147 กรัมต่อวัน

จากสมการ NE_M(Mcal) = 0.08 ×(440)$^{0.75}$ = 7.68 Mcal/day

NE_G (Mcal/Kg of Change) = 5.12 (0.147) = (+0.75) Mcal/kg change

NE_L (Mcal / Kg Milk) = (0.3512 + (0.0962 × 3.25))* 12.61 = 8.37 Mcal/day

ดังนั้น $NE_R = NE_M + NE_G + NE_L$ = 8.37 + 7.68 + 0.75 = 16.80 Mcal/day

2. การคำนวณโปรตีน

2.1 การคำนวณโปรตีนในอาหาร

การคำนวณโปรตีนในอาหารจะสามารถทำได้โดยการหาประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารจากวิธีการ Nylon Bag Technique แล้วคำนวณการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) ของโคนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง

เราสามารถคำนวณหาค่า RDP และ UDP ได้จากสมการดังต่อไปนี้

RDP = CP × dg และ

CP = RDP +UDP หรือ UDP = CP – RDP

ดังนั้นการคำนวณหาค่า RDP และ UDP เราต้องทราบค่า dg ของอาหารก่อน

กลุ่มการทดลองที่ 1 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

โคนมกลุ่มการทดลองที่ 1 กินอาหารข้นได้วันละ 6.25 กิโลกรัมวัตถุแห้ง และกินข้าวโพดหมักได้วันละ 4.28 กิโลกรัมวัตถุแห้ง อาหารข้นมีโปรตีนหยาบ 18.36% และต้นข้าวโพดหมักมีโปรตีนหยาบ 7.55% ซึ่งในอาหารข้นและต้นข้าวโพดหมักมีค่า dg = 0.88 และ 0.74 ตามลำดับ

ดังนั้น อาหารข้นกินได้ 6.25 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณโปรตีน 1,147 กรัม และต้นข้าวโพดหมัก 4.28 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณโปรตีน 323 กรัม

จากสมการ RDP (อาหารข้น) = 1,147*0.88 = 1,009 กรัม/วัน

RDP (ต้นข้าวโพดหมัก) = 323*0.74 = 239 กรัม/วัน

RDP (รวม) = 1,009 + 239 = 1248 กรัม/วัน

และ UDP = (1,147+323) – 1,248 = 222 กรัม/วัน

กลุ่มการทดลองที่ 2 คือ กลุ่มของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

โคนมกลุ่มการทดลองที่ 2 กินอาหารข้นได้วันละ 6.25 กิโลกรัมวัตถุแห้ง และกินต้นอ้อยสดได้วันละ 4.96 กิโลกรัมวัตถุแห้ง อาหารข้นมีโปรตีนหยาบ 18.36% และต้นอ้อยสดมีโปรตีนหยาบ 5.03% ซึ่งในอาหารข้นและต้นอ้อยสดมีค่า dg = 0.88 และ 0.71 ตามลำดับ

ดังนั้น อาหารข้นกินได้ 6.25 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณโปรตีน 1,147 กรัม และต้นอ้อยสดกินได้ 4.96 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณโปรตีน 250 กรัม

จากสมการ RDP (อาหารข้น) = 1,147*0.88 = 1,009 กรัม/วัน

RDP (ต้นข้าวโพดหมัก) = 250*0.71 = 178 กรัม/วัน

RDP (รวม) = 1,009 + 178 = 1,187 กรัม/วัน

และ UDP = (1147+250) – 1187 = 210 กรัม/วัน

2.2 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโครีดนม

การคำนวณความต้องการโปรตีนตามสมการของ NRC (1988) นั้นจะนำเสนอความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) เช่นเดียวกับการคำนวณความต้องการพลังงานในโคนมที่ต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (Absorbed Protein for Maintenance, AP_M) เพื่อการเจริญเติบโต (Absorbed Protein for Growth, AP_G) และเพื่อการให้น้ำนม (Absorbed Protein for Lactation, AP_L) โดยมีสมการการคำนวณดังนี้

$$AP_R = AP_M + AP_G + AP_L$$

เมื่อ

AP_M (g) = ((EUP + DPL)/0.67) + MFP

EUP คือ Endogenous Urinary Protein มีค่าเท่ากับ

EUP (g/day) = $2.75 \times (\text{Live Weigh})^{0.5}$

DPL คือ Dermal Protein Loss มีค่าเท่ากับ

DPL (g/ day) = $0.2 \times (\text{LiveWeigh})^{0.6}$

MFP คือ Metabolic Fecal Protein มีค่าเท่ากับ

MFP (g/day) = 0.03 × Dry Matter Intake

AP_G(g/kg change) = 175-188 g or 181 g/kg change (For gain)

160 g / kg change (For Loss)

AP_L (g/kg milk) = Milk Protein (g)/0.65

อย่างไรก็ตามการคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Absorbed Protein Requirement (AP_R) นั้นไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารที่จะแสดงในรูปของ Crude Protein Requirement (CP_R) ดังนั้นจึงต้องคำนวณจาก AP_R เป็น CP_R

AP_R นั้นจะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Undegradable protein, UDP) นั่นคือ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crude protein, MCP) 90%ของ RDP และ MCP ที่ใช้ได้จริง (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80% ของ MTP จากข้อมูลสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$MCP = 0.9 \times RDP$$

$$MTP = 0.8 \times MCP$$

DMTP หรือ $AP_{RDP} = 0.8 \times MTP$

ดังนั้นในการคำนวณหาความต้องการ RDP ของโคนมนี้สามารถหาได้จากสมการ NRC (1988) โดยที่ $MCP = 6.25 \times [(11.45 \times NE) - 30.93]$

$RDP = MCP/0.9$ ซึ่งสามารถคำนวณหา AP_{RDP} ได้

จากสมการ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

หรือ $AP_{UDP} = AP_R - AP_{RDP}$

UDP จะถูกย่อยสลาย (Digestible undegradable protein, DUDP) ประมาณ 80% ของUDP และมีประสิทธิภาพในการดูดซึมเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการให้น้ำนมเท่ากับ 66%

นั่นคือ $DUDP = (AP_{UDP})/0.66$

$UDP = DUDP/0.8$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณความต้องการโปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) จากRDP และ UDP ได้ดังนี้ $CP_R = RDP + UDP$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโคนมนั้นสามารถที่จะใช้ ไนโตรเจนในสัตว์เองได้ (Nitrogen recycling) 15% ดังนั้น โคนมจะต้องการโปรตีน จากสมการ

$$CP_R = (RDP + UDP) \times 1.15$$

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบ Factorial in RCB

$$X_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \alpha_k + (\tau\alpha)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อ X คือ ข้อมูลที่ได้รับอิทธิพลของบล็อคที่ i ปัจจัย τ ระดับที่ j และปัจจัย α ระดับที่ k

μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร

β_i คือ อิทธิพลของบล็อคที่ i

τ_j คือ อิทธิพลของอายุของอ้อยระดับที่ j

α_k คือ อิทธิพลของพันธุ์อ้อยระดับที่ k

$(\tau\alpha)_{jk}$ คือ อิทธิพลของปฏิกิริยาสัมพันธ์ของ ปัจจัย τ ระดับที่ j และปัจจัย α ระดับที่ k

ε_{ijk} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

การทดลองแบบรวมกลุ่ม (Group Comparison)

ในการทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม ทำโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม คือ $X_1 - X_2$ ซึ่งมีการประมาณความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร คือ $\mu_1 - \mu_2$ การตรวจสอบทำได้โดย T - test

$$t = \frac{(X_1 - X_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s\sqrt{(n_1 + n_2)/(n_1 \times n_2)}}$$

ในการคำนวณค่า T-test นี้กำหนดว่าทั้ง 2 ตัวแทนมีวาเรียนซ์เท่ากันคือ s^2 และ $df = (n_1 + n_2 - 2)$

ตารางวิเคราะห์วาเรียนซ์

ตารางที่ 4.1 แสดงผลผลิตและปริมาณโปรตีนของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (บทที่ 4)

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อย

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	1040661.23	520330.62	3.47	0.0390
Treatment	24	28447372.32	1094129.70	7.30	0.0001
อายุ	4	14566240.24	3641560.06	24.30	0.0001
พันธุ์	4	7055951.94	1763987.98	11.77	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	5784518.91	361532.43	2.41	0.0096
Error	48	7192668.39	149847.26		
Total	74	35640040.71			
% CV = 35.71		Mean = 1084			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	สุพรรณบุรี 50	มากอส	อู่ทอง 1	อู่ทอง 3	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	1,424 a	1,340 ab	1,113 bc	988 c	555 d
อายุการตัด	9 เดือน	8 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	1,542 a	1,515 a	1,043 b	987 b	333 c

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์มากอสต่ออายุการตัด

	9 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	2,311 a	1,267 b	1,229 b	1,104 b	787 b

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ต่ออายุการตัด

	8 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	1,363 a	1,271 a	1,228 a	909 a	169 b

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ต่ออายุการตัด

	8 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	2,416 a	2,024 ab	1,348 bc	1,020 cd	311 d

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์ K 84-200 ต่ออายุการตัด

	8 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	770 a	721 a	694 a	500 ab	91 b

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อย

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	131123.62	65561.81	0.42	0.6576
Treatment	24	58558396.70	2252246.03	14.52	0.0001
อายุ	4	15835792.54	3958948.14	25.53	0.0001
พันธุ์	4	37366683.03	9341670.76	60.25	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	5224797.51	326549.84	2.11	0.0241
Error	48	7442915.04	155060.73		
Total	74	66001311.75			
% CV = 23.92		Mean = 1646			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	2,815 a	1,911 b	1,419 c	1,411 c	673 d
อายุการตัด	7 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	2,109 a	1,953 ab	1,706 bc	1,678 c	784 d

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์มากอสต่ออายุการตัด

	8 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	3,584 a	3,269 a	3,121 a	2,743 a	1,360 b

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ต่ออายุการตัด

	7 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	2,058 a	1,853 ab	1,469 bc	1,182 c	532 d

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ต่ออายุการตัด

	6 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	2,503 a	2,405 ab	1,993 bc	1,616 c	1,040 d

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ต่ออายุการตัด

	7 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	1,994 a	1,594 ab	1,452 ab	1,287 bc	728 c

ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นและใบอ้อย

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	1909539.35	954769.68	2.10	0.1335
Treatment	24	129492039.90	4980463.10	10.96	0.0001
อายุ	4	49329189.77	12332297.44	27.13	0.0001
พันธุ์	4	71974455.97	17993613.99	39.58	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	6278854.81	392428.43	0.86	0.6119
Error	48	21821281.20	454610.0		
Total	74	151313321.10			
% CV = 24.70		Mean = 2730			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 1	อู่ทอง 3	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	4,155 a	3,335 b	2,524 cd	2,407 d	1,229 e
อายุการตัด	9 เดือน	8 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	3,248 a	3,193 a	3,096 a	2,995 a	1,117 b

ปริมาณผลผลิตโปรตีน (ต้นอ้อย)

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	489.13	244.57	2.61	0.0840
Treatment	24	10645.29	409.43	4.37	0.0001
อายุ	4	2998.19	749.55	8.00	0.0001
พันธุ์	4	4380.53	1095.13	11.69	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	2777.44	173.59	1.85	0.0510
Error	48	4498.37	93.72		
Total	74	15143.67			
% CV = 35.93		Mean = 26.94			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 1	อู่ทอง 3	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	34 a	32 a	29 a	27 a	13 b

อายุการตัด	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	7 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	33 a	33 a	27 a	26 a	16 b

ปริมาณผลผลิตโปรตีน (ใบอ้อย)

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	1161.01	580.51	0.85	0.4333
Treatment	24	226967.32	8729.51	12.80	0.0001
อายุ	4	60098.14	15024.53	22.03	0.0001
พันธุ์	4	145880.66	36470.17	53.47	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	19827.51	1239.22	1.82	0.0566
Error	48	32739.43	682.07		
Total	74	259706.76			
% CV = 24.96		Mean = 104.62			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	173 a	124 b	95 c	93 c	38 d
อายุการตัด	7 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	138 a	127 a	101 b	100 b	56 c

ปริมาณผลผลิตโปรตีน (รวมต้นและใบอ้อย)

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	3121.70	1560.85	1.61	0.2114
Treatment	24	299992.86	11538.19	11.87	0.0001
อายุ	4	81719.78	20429.95	21.02	0.0001
พันธุ์	4	196549.42	49137.36	50.54	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	18601.95	1162.62	1.20	0.3053
Error	48	46663.26	972.15		
Total	74	346656.12			
% CV = 23.70		Mean = 131.57			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	207 a	156 b	122 c	122 c	51 d

อายุการตัด	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	164 a	160 a	133 b	128 b	72 c

ตารางที่ 4.2 แสดงโภชนะของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (บทที่ 4)

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	0.65	0.32	0.40	0.6753
Treatment	24	61.23	2.35	2.88	0.001
อายุ	4	37.70	9.42	11.52	0.0001
พันธุ์	4	3.93	0.98	1.20	0.3241
อายุ*พันธุ์	16	18.96	1.18	1.45	0.1643
Error	48	36.00	0.82		
Total	74	97.23			
% CV = 3.31		Mean = 27.33			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	K 84-200	มากอส	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	สุพรรณบุรี 50
ค่าเฉลี่ย	27.75	27.54	27.51	27.30	27.24
อายุการตัด	6 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	5 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	28.50 a	27.80 b	27.30 b	27.16 b	26.30 c

เปอร์เซ็นต์ ADF

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	1.53	0.77	0.40	0.6695
Treatment	24	104.37	4.01	2.12	0.0135
อายุ	4	23.22	5.81	3.07	0.0258
พันธุ์	4	30.90	7.72	4.08	0.0067
อายุ*พันธุ์	16	48.72	3.04	1.61	0.1063
Error	48	83.22	1.89		
Total	74	187.59			
% CV = 3.86		Mean = 35.59			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	K 84-200	อู่ทอง 1	อู่ทอง 3	สุพรรณบุรี 50	มากอส
ค่าเฉลี่ย	36.58 a	35.99 ab	35.37 b	35.11 b	34.95 b

อายุการตัด	7 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	36.36 a	36.16 ab	35.40 abc	35.11 bc	34.97 c

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	2.42	1.21	0.92	0.4055
Treatment	24	750.53	28.87	21.91	0.0001
อายุ	4	525.09	131.27	99.62	0.0001
พันธุ์	4	136.68	34.17	25.93	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	86.34	5.40	4.09	0.0001
Error	48	63.25	1.32		
Total	74	813.79			
% CV = 4.62		Mean = 24.85			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	K 84-200	อู่ทอง 3	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 1
ค่าเฉลี่ย	26.92 a	25.80 b	24.21 c	24.14 c	23.14 d
อายุการตัด	9 เดือน	8 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	27.06 a	26.99 a	26.01 b	24.19 c	19.97 d

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์มากอสต่ออายุการตัด

	8 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	7 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	30.82 a	28.02 b	27.20 b	27.00 b	21.55 c

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ต่ออายุการตัด

	9 เดือน	8 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	27.92 a	26.20 ab	24.56 bc	23.03 c	19.35 d

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ต่ออายุการตัด

	9 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	26.04 a	25.65 a	25.34 a	24.02 a	19.63 b

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ต่ออายุการตัด

	9 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	6 เดือน	5 เดือน
ค่าเฉลี่ย	25.85 a	25.10 ab	23.14 b	22.91 b	18.69 c

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ K 84-200 ต่ออายุการตัด

	8 เดือน	9 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	5 เดือน

ค่าเฉลี่ย	29.42 a	28.29 a	27.74 a	23.16 b	20.62 c

เปอร์เซ็นต์โปรตีน

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	0.20	0.10	1.25	0.2943
Treatment	24	93.10	3.58	44.38	0.0001
อายุ	4	75.64	18.91	234.37	0.0001
พันธุ์	4	4.14	1.03	12.82	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	13.11	0.82	10.16	0.0001
Error	48	3.87	0.08		
Total	74	96.97			
% CV = 5.98		Mean = 4.75			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	อู่ทอง 3	มากอส	อู่ทอง 1	สุพรรณบุรี 50	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	5.06 a	4.84 b	4.83 b	4.67 b	4.39 c
อายุการตัด	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.46 a	4.98 b	4.86 b	3.88 c	3.60 d

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์มากอสต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	5.34 a	5.30 a	5.04 ab	4.86 b	3.68 c

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	7.08 a	5.34 b	4.96 b	4.00 c	3.95 c

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.48 a	5.20 b	5.20 b	3.44 c	3.01 c

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.78 a	5.03 b	4.62 b	3.93 c	3.78 c

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์ K 84-200 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน

ค่าเฉลี่ย	6.61 a	4.52 b	3.89 c	3.61 c	3.16 d

เปอร์เซ็นต์ NDF

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	1.58	0.79	0.11	0.8922
Treatment	24	465.22	17.89	2.58	0.0022
อายุ	4	169.18	42.30	6.11	0.0005
พันธุ์	4	39.50	9.87	1.43	0.2396
อายุ*พันธุ์	16	254.96	15.94	2.30	0.0134
Error	48	332.29	6.92		
Total	74	797.51			
% CV = 4.17		Mean = 63.17			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	อู่ทอง 3	มากอส	อู่ทอง 1	สุพรรณบุรี 50	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	64.06	64.04	62.71	62.64	62.48
อายุการตัด	6 เดือน	7 เดือน	5 เดือน	9 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	64.94 a	64.13 a	64.13 a	61.53 b	61.20 b

เปอร์เซ็นต์ไขมัน

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	0.39	0.19	1.95	0.1536
Treatment	24	5.17	0.20	2.00	0.0189
อายุ	4	2.12	0.53	5.33	0.0012
พันธุ์	4	0.48	0.12	1.21	0.3185
อายุ*พันธุ์	16	2.17	0.14	1.37	0.1997
Error	48	4.78	0.10		
Total	74	9.94			
% CV = 20.78		Mean = 1.52			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	K 84-200	สุพรรณบุรี 50	มากอส
ค่าเฉลี่ย	1.67	1.53	1.46	1.46	1.46

อายุการตัด	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
ค่าเฉลี่ย	1.70 a	1.68 a	1.57 a	1.34 b	1.30 b

เปอร์เซ็นต์เถ้า

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	2.86	1.43	4.01	0.0245
Treatment	24	58.30	2.24	6.29	0.0001
อายุ	4	39.05	9.76	27.39	0.0001
พันธุ์	4	0.86	0.21	0.60	0.6640
อายุ*พันธุ์	16	15.52	0.97	2.72	0.0038
Error	48	17.11	0.36		
Total	74	75.40			
% CV = 12.94		Mean = 4.62			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	K 84-200	อู่ทอง 1	อู่ทอง 3	สุพรรณบุรี 50	มากอส
ค่าเฉลี่ย	4.76	4.73	4.61	4.59	4.43
อายุการตัด	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.03 a	4.50 b	4.37 bc	4.20 bc	4.03 c

เปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.91 a	4.35 b	4.20 b	4.01 b	3.59 b

เปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	6 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	5.82 a	4.67 b	4.38 b	4.16 b	3.90 b

เปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	9 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.22 a	4.70 b	4.70 b	4.11 b	3.93 b

เปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยพันธุ์ K 84-200 ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	9 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน
ค่าเฉลี่ย	6.78 a	4.43 b	4.38 b	4.07 b	3.90 b

ตารางที่ 4.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (บทที่ 4)

การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยที่ 48 ชั่วโมง

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	3.59	1.80	0.26	0.7750
Treatment	24	1454.37	55.94	7.98	0.0001
อายุ	4	1283.50	320.87	45.76	0.0001
พันธุ์	4	92.08	23.02	3.28	0.0186
อายุ*พันธุ์	16	75.20	4.70	0.67	0.8077
Error	48	336.58	7.01		
Total	74	1790.95			
% CV = 5.74		Mean = 46.16			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	K 84-200	มากอส	อู่ทอง 3	อู่ทอง 1	สุพรรณบุรี 50
ค่าเฉลี่ย	47.47 a	46.98 a	46.52 ab	45.45 ab	44.39 b
อายุการตัด	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	50.36 a	49.42 ab	47.80 b	44.19 c	39.04 d

การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยที่ 72 ชั่วโมง

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	0.28	0.14	0.03	0.9728
Treatment	24	1854.47	71.33	13.82	0.0001
อายุ	4	1601.29	400.32	77.55	0.0001
พันธุ์	4	153.99	38.50	7.46	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	98.91	6.18	1.20	0.3042
Error	48	247.78	5.16		
Total	74	2102.25			
% CV = 4.15		Mean = 54.71			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	อู่ทอง 3	มากอส	K 84-200	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 1
ค่าเฉลี่ย	56.12 a	55.88 a	55.49 a	53.59 b	52.46 b
อายุการตัด	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน

ค่าเฉลี่ย	60.91 a	58.01 b	54.83 c	52.25 d	47.54 e

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่ 48 ชั่วโมง

Source of variance	df	SS	MS	F value	Pr > F
Block	2	10.72	5.36	1.70	0.1943
Treatment	24	1385.44	53.29	16.86	0.0001
อายุ	4	1020.13	255.03	80.69	0.0001
พันธุ์	4	246.36	61.59	19.49	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	108.23	6.76	2.14	0.0217
Error	48	151.72	3.16		
Total	74	1537.16			
% CV = 2.46		Mean = 72.21			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	อู่ทอง 3	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 1	K 84-200
ค่าเฉลี่ย	74.65 a	73.06 b	72.89 b	71.08 c	69.38 d
อายุการตัด	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	77.98 a	73.36 b	72.89 b	69.86 c	66.97 d

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์มากอสที่ 48 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	77.09 a	76.75 a	76.07 a	73.48 b	69.88 c

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ที่ 48 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	81.01 a	72.44 b	71.37 b	70.76 b	69.05 b

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่ 48 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	78.69 a	73.59 b	73.45 b	70.62 c	68.11 d

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ที่ 48 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	77.07 a	73.53 a	73.15 a	67.56 b	64.11 b

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์ K 84-200 ที่ 48 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	76.05 a	70.50 b	69.76 b	66.90 bc	63.71 c

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่ 72 ชั่วโมง

Source of variance	df	SS	MS	F value	F value
Block	2	44.84	22.42	6.97	0.0022
Treatment	24	2131.12	81.97	25.49	0.0001
อายุ	4	1702.30	425.58	132.36	0.0001
พันธุ์	4	181.82	45.46	14.14	0.0001
อายุ*พันธุ์	16	202.16	12.63	3.93	0.0001
Error	48	154.34	3.22		
Total	74	2285.46			
% CV = 2.45		Mean = 73.11			

การตรวจสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

พันธุ์อ้อย	มากอส	สุพรรณบุรี 50	อู่ทอง 3	K 84-200	อู่ทอง 1
ค่าเฉลี่ย	75.48 a	73.73 b	73.57 b	71.41 c	71.37 c
อายุการตัด	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	81.78 a	73.66 b	72.14 c	70.25 d	67.73 e

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์มากอสที่ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	78.31 a	76.85 ab	76.34 ab	74.23 bc	71.65 c

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 ที่ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	84.88 a	72.87 b	71.31 b	70.57 bc	68.22 c

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ที่ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	84.29 a	74.12 b	71.91 bc	70.62 c	67.68 d

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ที่ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	7 เดือน	6 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	81.17 a	71.95 b	71.82 b	67.23 bc	64.69 c

การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยพันธุ์ K 84-200 ที่ 72 ชั่วโมง ต่ออายุการตัด

	5 เดือน	6 เดือน	7 เดือน	8 เดือน	9 เดือน
ค่าเฉลี่ย	80.23 a	72.65 b	69.18 bc	68.59 bc	66.39 c

ประวัติผู้เขียน

นายเพลิน เมินกระโทก เกิดเมื่อวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2512 ที่จังหวัดนครราชสีมา ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษา เมื่อปี พ.ศ. 2534 และได้ทำงานที่บริษัทเครือเจริญโภคภัฑณ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2534-2537 และทำงานที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2537-ถึงปัจจุบัน ในระหว่างการทำงาน ได้ลาศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2543