

การใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบ
สำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง

นางสาวพิมลทิพย์ จันทร์พานิชเจริญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2546
ISBN 974-533-332-8

**UTILIZATION OF WHOLE SUGAR CANE SILAGE
AND FRESH CUT WHOLE SUGAR CANE AS
ROUGHAGE SOURCES FOR LACTATING DAIRY
COWS DURING THE DRY SEASON**

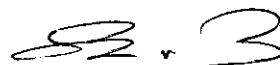
Miss. Pimolthip Junpanichcharoen

**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 2003
ISBN 974-533-332-8**

การใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบ
สำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)

ประธานกรรมการ



(รศ. ดร.วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



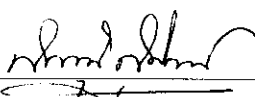
(รศ. ดร.กนก พลารักษ์)

กรรมการ



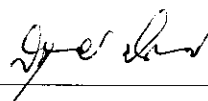
(ผศ. น.สพ. ดร.บุญชร ลิขิตเดชาโรจน์)

กรรมการ



(รศ. น.ท. ดร.สุราษฎร์ สุจิตกร)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ



(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

พิมพ์ทิพย์ จันทรพานิชเจริญ : การใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบ
สำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง (UTILIZATION OF WHOLE SUGAR CANE
SILAGE AND FRESH CUT WHOLE SUGAR CANE AS ROUGHAGE
SOURCES FOR LACTATING DAIRY COWS DURING THE DRY
SEASON) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ, 147 หน้า.
ISBN : 974-533-332-8

วิทยานิพนธ์นี้ศึกษาถึงการใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาทดลอง 4 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก พบว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากมีระดับของโปรตีนและไขมันต่ำ และมีระดับของเยื่อใยสูง ซึ่งต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักจะมีความเหมาะสมมากกว่า เนื่องจาก มีระดับของโปรตีนและไขมันใกล้เคียงกับหญ้าหมัก ซึ่งเป็นอาหารหยาบที่ใช้อยู่ในช่วงฤดูแล้ง การทดลองที่ 2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยจัดแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 4 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, ไขมัน เยื่อใย, ปริมาณ Acetate และปริมาณ Butyrate ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในส่วนเปอร์เซ็นต์ NDF จะลดลง ในส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF, ADL, ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ($P<0.01$) และปริมาณ Lactate ($P<0.05$) จะเพิ่มขึ้น และเมื่อนำปริมาณ VFAs มาคำนวณคะแนนตัดสินคุณภาพพืชหมัก พบว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 เดือน จัดได้ว่าคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี การทดลองที่ 3 การศึกษาผลการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียนจำนวน 24 ตัว โดยจัดการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) ซึ่งจัดเป็น 3 กลุ่มการทดลอง แบบ Stratified random balance group ตามปริมาณน้ำนม, ระยะการให้นม, อายุ และน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง กลุ่มละ 8 ตัว โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน และกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่าปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมและการกินได้วัตถุแห้งที่ได้จากโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และในส่วนของการกินได้โปรตีนและการกินได้

โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 จะไม่แตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 แต่จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 แต่ในส่วนของการทดลองพบว่า โคโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RUP_{sup} เพียงพอต่อความต้องการ ด้วยเหตุนี้หากจะนำต้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมก็ควรจะเสริมยูเรียในระดับไม่เกิน 4 % เข้าไปเพื่อเพิ่มปริมาณ RDP_{sup} ให้เพียงพอต่อความต้องการ หรือเสริมต้นอ้อยร่วมกับพืชอาหารหายาชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น การทดลองที่ 4 ศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก โดยใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 6 ตัว จัดการทดลองแบบ 3×3 Latin square โดยใช้โคเจาะกระเพาะในแต่ละตัวได้รับอาหารหายาในทุกกลุ่มการทดลอง พบว่าโคเจาะกระเพาะที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหญ้าหมัก จะไม่เกิดโรค Rumen acidosis แต่โคเจาะกระเพาะที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมีโอกาสที่จะเกิดโรค Rumen acidosis แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาสั้นจึงไม่สามารถสังเกตอาการจากลักษณะภายนอก ซึ่งสังเกตได้จากการเกิดโรคท้องอืด หรือก๊ีบแน่น ด้วยเหตุนี้จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อที่จะสังเกตการเกิดอาการข้างเคียงของโรค Rumen acidosis ให้แน่ชัด แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีระดับของน้ำตาลในปริมาณสูง หากจะนำมาใช้เลี้ยงโคนม ก็สามารถป้องกันการเกิดโรค Rumen acidosis ก่อนโดยการเสริม $NaHCO_3$ ในระดับ 0.75 จากการทดลองทั้งหมดนี้สรุปได้ว่า การนำต้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหายาในช่วงฤดูแล้งได้ แต่ควรจะเสริมยูเรียในระดับไม่เกิน 4 % หรือเสริมต้นอ้อยร่วมกับพืชอาหารหายาชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น นอกจากนั้นการนำต้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมยังเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยให้มีรายได้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนักศึกษา พิชฌักดิ์ จันทร์ทิพย์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา [ลายมือ]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม [ลายมือ]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม [ลายมือ]

PIMOLTHIP JUNPANICHCHAROEN : UTILIZATION OF WHOLE
SUGAR CANE SILAGE AND FRESH CUT WHOLE SUGAR CANE AS
ROUGHAGE SOURCES FOR LACTATING DAIRY COWS DURING THE
DRY SEASON. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WISITIPORN
SUKSOMBAT, Ph.D. 147 PP. ISBN. 974-533-332-8

DAIRY CATTLE/ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENT/WHOLE SUGAR
CANE/ENSEILED WHOLE SUGAR CANE/RUMEN ACIDOSIS

The present thesis aimed to study the utilization of whole sugar cane silage and fresh cut whole sugar cane as roughage sources for lactating dairy cows during the dry season. This study comprised 4 experiments. The first experiment determined chemical composition and degradability of whole sugar cane silage (6 mo. cutting age), fresh cut whole sugar cane (10-12 mo. cutting age) and grass silage. The results showed that whole sugar cane silage had similar CP and Fat content to grass silage but had higher CP and Fat content than fresh cut whole sugar cane. On the contrary, fresh cut whole sugar cane had higher CF content than whole sugar cane and grass silages. As a results, fresh cut whole sugar cane can be considered to have lower quality than whole sugar cane silage and grass silages

The second experiment was carried out to determine the quality of whole sugar cane silage after being storage for 4 months. The experiment was a CRD arrangement. Samples were taken at 1 month interval up to 4 months and were subjected to laboratory and degradability analyses. The result showed that DM, EE, CF, acetate and butyrate contents were unaffected ($P>0.05$) by storage times. However, storage times had effect on NDF, ADF, ADL, pH and lactate levels in the storage. NDF content decreased while ADF, ADL, pH and lactate level increasing with in time of storage. By using 'Fleig score' which related to organic acid yields, the time of storage had no effect on 'Fleig score'.

The third experiment was conducted to investigate the effect of whole sugar cane silage, fresh cut whole sugar cane and grass silage on performances of lactating dairy cows. The experiment design was a CRD arrangement. Twenty-four Holstein

The final experiment was conducted to investigate the effect of whole sugar cane silage, fresh cut whole sugar cane and grass silage on rumen acidosis symptom in the lactating dairy cows. The experiment design was a 3x3 latin squares arrangement. Six ruminally fistulated cows were assigned to all roughage types (grass silage, whole sugar cane silage and fresh cut whole sugar cane). The result showed that cows fed whole sugar cane silage and grass silage did not show rumen acidosis symptom but cow fed fresh cut whole sugar cane was possibly risk to rumen acidosis symptom because the acetate:propionate ratio observed was extremely high and in association with a sharp drop in rumen pH. However, common clinical sign of rumen acidosis, bloat and laminitis were not observed in cows on fresh cut whole sugar cane. Further study should be researched for longer period. To reduce risk of rumen acidosis symptom when fresh cut whole sugar cane was offered to the cows, 0.75 % of NaHCO_3 should be supplemented. It can be concluded in the present study that whole sugar cane can be fed to lactating dairy cows when other roughages are in short supply.

Student's Signature Pimoltharp Jongsamshancharn
 Advisor's Signature W. S. S. S.
 Co-advisor's Signature P. S. S. S.
 Co-advisor's Signature K. S. S. S.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุคคลและกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินการวิจัย

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ควบคุมการวิจัยในครั้งนี้ ที่ได้กรุณาสละเวลามาให้คำปรึกษา แนะนำแนวคิดในการดำเนินการวิจัย การแก้ปัญหาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. กนก ผลารักษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งการตรวจแก้วิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ บุคลากรประจำอาคารเครื่องมือต่าง ๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณพี่พี่พัฒน์ เหลืองลาวัณย์, พี่เพลิน เมินกระโทก และน้อง ๆ ในระดับบัณฑิตศึกษาทุกคน ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด จนทำให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

พิมลทิพย์ จันทรพานิชเจริญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญกราฟ	ด
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 อ้อย	5
2.1.1 การบำรุงอ้อยต่อ	5
2.1.2 พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูก	6
2.1.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย	6
2.1.4 ผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ	8
2.1.5 ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนํระหว่างกลุ่มโคนมที่ ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ	9
2.1.6 ผลผลิตของการเสริมต้นอ้อยร่วมกับวัตถุดิบต่าง ๆ	9
2.1.7 พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมของประเทศไทย	10
2.2 พืชอาหารหมัก (Silage)	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1 ประโยชน์ของการทำพืชอาหารหมัก	12
2.2.1.1 ข้อดี	12
2.2.1.2 ข้อเสีย	12
2.2.2 คุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก	12
2.2.3 จุลินทรีย์วิทยาของพืชอาหารหมัก (Silage microbiology)	13
2.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระหว่างการหมัก	14
2.2.4.1 แป้ง	14
2.2.4.2 โปรตีน	14
2.2.5 กรดอินทรีย์และความสามารถในการรักษาสภาวะ ความเป็นกรดเป็นด่าง (Buffer capacity, Bc)	14
2.2.6 พิกเมนต์ (Pigment)	15
2.2.7 การสูญเสียโภชนะในช่วงการหมัก	15
2.2.7.1 การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว (Field losses)	15
2.2.7.2 การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (Respiration losses)	15
2.2.7.3 การสูญเสียเนื่องจากการหมัก (Fermentation losses)	15
2.2.7.4 การสูญเสียในส่วนของการเหลวที่รั่วไหล (Effluent losses)	16
2.2.8 คุณสมบัติที่ดีของพืชอาหารหมัก	16
2.3 การควบคุมการกินอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Regulation of feed intake)	16
2.3.1 ระบบประสาทที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Nervous system regulation feed intake)	16
2.3.3.1 Ventral-media area (VMA)	16
2.3.3.2 Lateral area	17
2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Factors affecting the intake of ruminants)	17
2.3.2.2 Metabolic factor	17
2.3.2.2.1 ปัจจัยทางเคมี (Chemostatic factor)	17
2.3.2.2.2 ปัจจัยทางอุณหภูมิ (Thermostatic factor)	18
2.3.2.2.3 ปัจจัยควบคุมการกินอาหารระยะยาว	18
2.3.2.2.3.1 ปัจจัยควบคุมปริมาณไขมัน	18
2.3.2.2.3.2 ปริมาณไขมันสะสมของโคที่ผสม	18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2.2.3.3 Metabolites ในกระแสเลือด	18
2.3.2.3 Physical factor	19
2.3.2.3.1 การขยายตัวของ Reticulo-rumen	19
2.3.2.3.2 อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen	19
2.3.2.3.3 ปัจจัยทางพฤติกรรมการกินอาหารของ Grazing Cattle	20
2.3.2.3.4 Animal factors	20
2.3.2.3.4.1 ขนาด น้ำหนักตัว อายุ และพันธุกรรมของสัตว์	20
2.3.2.3.4.2 การตั้งท้อง (Pregnancy)	21
2.3.2.3.4.3 การให้นมในโคนม	21
2.4 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนม	21
2.4.1 ความต้องการโภชนะ (Nutrient requirement)	21
2.4.1.1 ความต้องการโภชนะในการดำรงชีพ (Nutrient requirement for maintenance)	21
2.4.1.2 ความต้องการโภชนะในการเจริญเติบโต (Nutrient requirement for growth)	21
2.4.1.3 ความต้องการโภชนะในการสืบพันธุ์ (Nutrient requirement for reproductive)	22
2.4.1.4 ความต้องการโภชนะเพื่อการสร้างน้ำนม (Nutrient requirement for production)	22
2.4.2 พลังงาน (Energy)	22
2.4.2.1 หน่วยของพลังงาน	23
2.4.2.1.1 Total Digestible Nutrients (TDN)	23
2.4.2.1.2 Calorie system	23
2.4.2.2 การจำแนกประเภทของพลังงาน (Partition of energy)	23
2.4.2.2.1 พลังงานรวม (Gross energy, GE)	24
2.4.2.2.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)	25
2.4.2.2.3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME)	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2.3 การประเมินค่าพลังงานในอาหารตามระบบ NRC (2001)	27
2.4.2.3.1 สมการคำนวณค่า TDN	27
2.4.2.3.1.1 พลังงานจาก NFC	27
2.4.2.3.1.2 พลังงานจากโปรตีน	29
2.4.2.3.1.3 พลังงานจากไขมัน	30
2.4.2.3.1.4 พลังงานจาก NDF	30
2.4.2.3.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)	32
2.4.2.3.2.1 การประมาณค่า DE ของอาหาร	32
สัตว์ที่ระดับ Maintenance	
2.4.2.3.2.2 การประมาณค่า DE ของอาหาร	32
สัตว์ที่ระดับ Actual intake	
2.4.2.3.3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME)	34
2.4.2.3.4 พลังงานสุทธิ (Net energy, NE _L)	35
2.4.2.3.4.1 NE at Actual intake	35
2.4.2.3.4.2 NE for Maintenance and gain	36
2.4.3 การคำนวณความต้องการพลังงาน(Energy requirement)	36
ของโคนม	
2.4.3.1 Net energy lactation requirement for maintenance	37
2.4.3.2 Net energy lactation requirement for growth	37
2.4.3.3 Net energy lactation requirement for lactation	37
2.4.4 การคำนวณความต้องการโปรตีน(Protein requirement)	37
ของโคนม	
2.4.4.1 Metabolizable protein requirement for maintenance	37
2.4.4.2 Metabolizable protein requirement for growth	38
2.4.4.3 Metabolizable protein requirement for lactation	38
2.5 ผลผลิตของน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	39
2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	39
2.5.1.1 ปัจจัยทางสรีรวิทยา	40
2.5.1.1.1 ลักษณะพันธุกรรม	40
2.5.1.1.2 อายุ	40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

	2.5.1.1.3 วงรอบของการเป็นสัดและการตั้งท้อง	40
	2.5.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม	41
	2.5.2.1 อุณหภูมิและความชื้น	41
	2.5.2.2 ฤดูกาล	41
	2.5.2.3 ระยะพักการให้นม (Dry period)	41
	2.6 การเกิดโรค Rumen acidosis	41
	2.6.1 โรค Rumen acidosis	41
	2.6.2 ระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักที่ส่งผลต่ออัตราการผลิต (Volatile fatty acid, VFA _s)	42
	2.6.3 ผลของการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีต่อคุณภาพผลผลิต นํ้านมของโค	43
	2.6.4 แนวทางการแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis	44
3	วิธีการดำเนินการวิจัย	46
	3.1 การทดลองเบื้องต้น การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก	46
	3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของ ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน	46
	3.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของนํ้านม และคุณภาพ ของนํ้านมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	47
	3.4 การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่าน กรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบ กับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5	สถานที่ทำการทดลอง	47
3.6	ระยะเวลาทำการทดลอง	47
4	การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก	48
4.1	อุปกรณ์และวิธีการ	49
4.2	การวิเคราะห์ข้อมูล	50
4.3	สถานที่ทำการทดลอง	50
4.4	ระยะเวลาทำการทดลอง	51
4.5	ผลการทดลอง	51
4.5.1	องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่าน กรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน	51
4.5.2	การย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีนอัตราการย่อยสลาย ได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน	55
4.6	วิจารณ์ผลการทดลอง	55
4.6.1	องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่าน กรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน	55
4.6.2	การย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลาย ได้วัตถุแห้ง, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และ อัตราการย่อยสลาย ได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน	57
4.7	สรุปผลการทดลอง	57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน	59
	5.1 อุปกรณ์และวิธีการ	60
	5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	60
	5.3 สถานที่ทำการทดลอง	60
	5.4 ระยะเวลาทำการทดลอง	61
	5.5 ผลการทดลอง	61
	5.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	61
	5.5.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	63
	5.5.3 ปริมาณ VFAs ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	63
	5.6 วิจัยผลการทดลอง	64
	5.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	64
	5.6.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	65
	5.6.3 ปริมาณ VFAs ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	66
	5.7 สรุปผลการทดลอง	66
6	การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนม ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟริเซียน (Holstein friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	67
	6.1 อุปกรณ์และวิธีการ	68
	6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	70

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.3 สถานที่ทำการทดลอง	70
6.4 ระยะเวลาทำการทดลอง	70
6.5 ผลการทดลอง	70
6.5.1 การจำแนกพลังงานโดยการคำนวณจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก, คั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของ อาหารหยาบและอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	70
6.5.2 การกินได้ของโคนมได้รับหญ้าหมัก, คั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลัง ผ่านกรรมวิธีในการหมัก และคั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	73
6.5.3 ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	73
6.5.4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	76
6.5.5 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	76
6.5.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับจาก คั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, คั่นอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของ ร่วมกับอาหารหยาบและอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	78
6.6 วิจัยผลการทดลอง	83
6.6.1 การจำแนกประเภทของพลังงานโดยการคำนวณจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากหญ้าหมัก, คั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธี ในการหมัก และคั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหาร หยาบและอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	83
6.6.2 การกินได้ของโคนมได้รับจากหญ้าหมัก, คั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่าน กรรมวิธีในการหมัก และคั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของ อาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	83
6.6.3 ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	85

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

	6.6.4 การได้รับโปรตีนจากอาหาร โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP _{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP _{sup})	86
	6.6.5 การจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ	86
	6.7 สรุปผลการทดลอง	87
7	การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	88
	7.1 อุปกรณ์และวิธีการ	88
	7.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	90
	7.3 สถานที่ทำการทดลอง	90
	7.4 ระยะเวลาทำการทดลอง	91
	7.5 ผลการทดลอง	91
	7.5.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	91
	7.5.2 ปริมาณ VFA _s ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	92
	7.6 วิจัยณ์ผลการทดลอง	93
	7.6.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	93
	7.6.2 ปริมาณ VFA _s ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	95
	7.7 สรุปผลการทดลอง	95
8	สรุปผลการทดลอง	97
	รายการอ้างอิง	102
	ภาคผนวก	109

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ก	112
ภาคผนวก ข	130
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่	
2.1 สรุปข้อมูลด้านต่าง ๆ ของพันธุ์อ้อยที่คัดเลือกเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคนม	6
2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่าง ๆ กันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดและฟางข้าว (%on DM basis)	7
2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย (% on DM basis)	7
2.4 แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ กัน	8
2.5 แสดงให้เห็นถึงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมระหว่างกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ	9
2.6 ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกและพบตามผิวของพืชอาหารสด	13
2.7 Processing adjustment factors (PAF) for NFC	29
2.8 True digestibility coefficients of CP used to estimate TDN _{1x} values of animal-based feedstruffs	31
2.9 True digestibilities at maintenance (assumed 8% increase in digestibility Compared with 3X maintenance) of fatty acids from various fat sources	32
2.10 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis โดยใช้ระดับของค่า pH เป็นเกณฑ์	42
2.11 แสดงให้เห็นถึงอัตราการผลิต VFAs เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักลดต่ำกว่า 5.9	43
2.12 แสดงให้เห็นถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีผลต่อส่วนประกอบในน้ำนมของโค	44
2.13 แสดงให้เห็นถึงการปรับค่าของ pH ภายในกระเพาะหมักให้สมดุลโดยใช้ NaHCO ₃ ⁻ ผสมในสูตรอาหาร	45
4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.2 แสดงการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	53
4.3 แสดงการย่อยสลายได้โปรตีน และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	54
5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	62
5.2 แสดงปริมาณ VFAs ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (g/kgDM)	64
6.1 แสดงคุณสมบัติของโคในแต่ละกลุ่ม	69
6.2 แสดงการจำแนกประเภทของพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)	71
6.3 แสดงผลการกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)	74
6.4 แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	75
6.5 แสดงผลเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	77
6.6 แสดงผลน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	77
6.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP _{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP _{sup}) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	80
6.8 แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ (Mcal/วัน)	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
6.9 แสดงความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับรับต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	82
7.1 แสดงการให้อาหารโคเจาะกระเพาะในแต่ละกลุ่มการทดลอง	89
7.2 แสดงระดับความเป็นกรดค้าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	91
7.3 แสดงปริมาณ VFAs ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	93

สารบัญกราฟ

หน้า

กราฟที่

- 7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเป็นกรดต่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

92

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ประชากรโคนมได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายที่จะเพิ่มจำนวนโคนมขึ้นอีกระหว่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (ปี 2545-2549) (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2546) เพื่อเพิ่มปริมาณนํ้านมดิบภายในประเทศ และเพื่อทดแทนการนำเข้าผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศ กรมปศุสัตว์(2546) รายงานว่า ปริมาณโคนมในประเทศ ปี 2545 มีจำนวนทั้งสิ้น 358,400 ตัว ซึ่งเพิ่มจากปี 2544 จำนวน 14,721 ตัว จากแหล่งข้อมูลจะเห็นได้ว่าประชากรโคนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการอาหารของโคนมภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบเนื่องจากเป็นอาหารหลักหรืออาหารพื้นฐานในการเลี้ยงโคนม ซึ่งโคนมจำเป็นต้องจะต้องได้รับอาหารหยาบ อย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ (เมธา, 2540) การปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศนั้นกระทำได้ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่ออุตสาหกรรม ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจึงประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง

อ้อยจัดว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์ของการปลูกเพื่อนำมาผลิตน้ำตาลทรายเป็นหลัก พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจาก รัฐบาลมีมาตรการดำเนินการช่วยเหลือทางการเงินผ่านทางธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) เพื่อสนับสนุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545) จึงส่งผลทำให้เกษตรกรหันมาปลูกอ้อยเป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณความต้องการบริโภคน้ำตาลทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในแต่ละปี จึงส่งผลทำให้โรงงานน้ำตาลไม่สามารถรองรับต้นอ้อยจากเกษตรกรได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีต้นอ้อยเหลือจากโควตาโรงงานน้ำตาลส่วนหนึ่ง (กรมวิชาการเกษตร, 2545) โดยพบว่าช่วงที่เกษตรกรตัดต้นอ้อยส่งโรงงานน้ำตาลนั้นเป็นช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับนำมาใช้เลี้ยงโคนม ดังนั้นถ้าหากสามารถนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมได้ ก็จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็

ตาม ดันอ้อยที่เหลือจากโคตาโรงงานน้ำตาลนั้นจะมีอายุประมาณ 10-12 เดือน ซึ่งดันอ้อยเหล่านี้จะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ (มีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ) ย่อยได้ยาก (มีปริมาณไฟเบอร์สูง) แต่ดันอ้อยที่มีอายุประมาณ 6 เดือน จะเป็นดันอ้อยที่มีคุณภาพดีเหมาะที่จะนำมาใช้เลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีระดับของโปรตีนสูงและมีระดับของเยื่อใยในระดับที่เหมาะสม ตลอดจนการสะสมของน้ำตาลอ้อยยังไม่สูงเกินไป (เมธา, 2540 ; เพลิน, 2546) ดังนั้นหากดันอ้อยที่มีอายุ 6 เดือน มีความเหมาะสมจริง ก็สามารถที่จะไปส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอ้อย และตัดดันอ้อยที่อายุ 6 เดือน เพื่อที่จะนำมาใช้สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งได้ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยก็สามารถตัดดันอ้อยได้ถึง 2 ครั้ง/ปี แต่ในการตัดดันอ้อยในช่วงแรกนั้น จะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีพืชอาหารสัตว์อยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องนำมาเก็บรักษาคุณภาพโดยใช้กรรมวิธีในการหมักเพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนอาหารหายบ อย่างไรก็ตามดันอ้อยที่จะนำมาใช้เป็นอาหารหายบสำหรับเลี้ยงโคนมนั้นมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งพบว่าการที่โคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการ จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม ซึ่งก็คือโคนมจะเกิดโรค Rumen acidosis (Hutjens, 1996) ถึงแม้ว่าแนวโน้มการใช้ประโยชน์จากดันอ้อยจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นในปัจจุบัน แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำดันอ้อยมาใช้เป็นอาหารหายบสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศไทยกลับมีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะมีการวิจัยในประเทศที่ผลิตดันอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก เช่น ในประเทศคิวบา บราซิล เปอร์โตริโก อินเดีย และฟิลิปปินส์ (มนัส, 2539) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จะแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากดันอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และดันอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหายบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง ร่วมกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับดันอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และดันอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหายบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของดันอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และดันอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก
2. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของดันอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน
3. เพื่อศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับดันอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และดันอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก

4. เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1. ต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีการหมัก จะมีคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม
2. ต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีการหมัก จะมีคุณค่าทางโภชนาที่จะนำมาใช้ในการทดแทนพืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในช่วงฤดูแล้งที่ขาดแคลนอาหารหยาบได้
3. ต้นอ้อยหมักสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน (4 เดือน)
4. การใช้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม ส่งผลให้ผลผลิตของน้ำนมไม่แตกต่างจากการใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในช่วงฤดูแล้ง
5. การใช้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม ส่งผลให้โคนมไม่เกิดโรค Rumen acidosis

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

Dairy cattle, Energy and protein Requirement, Whole sugar cane, Ensiled whole sugar cane, Rumen acidosis

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก, องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาเก็บรักษาแตกต่างกัน, ผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรียเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก และผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมัก
2. ทราบถึงวิธีการเก็บรักษาต้นอ้อยโดยกรรมวิธีในการหมัก เพื่อให้ต้นอ้อยมีคุณภาพเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง
3. ทราบถึงระยะเวลาในการเก็บรักษาต้นอ้อยหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก
4. สามารถนำต้นอ้อยมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงฤดูแล้งได้
5. ทราบถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ้อย (*Saccharum spp.*)

อ้อย (*Saccharum spp.*) จัดเป็นพืชในตระกูลหญ้า มีแหล่งกำเนิดที่เกาะนิวกินีในมหาสมุทรแปซิฟิก ลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นที่มีข้อและปล้องชัดเจน มีใบเกิดสลับข้างกัน และมีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้ โดยกาบใบจะมีไขและขนอยู่ด้วย รากอ้อยเป็นระบบรากฝอยแต่แข็งแรง สามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึก 4-8 เมตร ลำต้นอ้อยสามารถแตกหน่อได้จากตาของข้อล่างที่อยู่ชิดดิน อ้อยเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในเขตร้อนและกึ่งร้อน มีปริมาณน้ำฝนและแสงแดดเพียงพอโดยทั่ว ๆ ไป อ้อยเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส และในพื้นที่ที่ไม่มีการชลประทานจะต้องมีน้ำฝน 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี (กรมวิชาการเกษตร, 2545) หรือมากกว่านั้น อ้อยเจริญเติบโตช้าในเดือนแรก ๆ เป็นระยะแตกกอถึงย่างปล้อง หลังจาก 4 เดือนขึ้นไปอ้อยจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว อ้อยสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีหน้าดินลึกอย่างน้อย 20 นิ้ว ดินโปร่งซุย อากาศและน้ำถ่ายเทได้สะดวก ดินที่ใช้ปลูกจะต้องไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป (pH 5.5-7.0) และควรมีธาตุอาหารสมบูรณ์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2537)

2.1.1 การบำรุงอ้อยต่อ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

2.1.1.1 หลังตัดอ้อยแล้วต้องรีบสับต่อทันที หรือให้แล้วเสร็จภายใน 15 วัน ถ้ากำชับคนงานให้ตัดอ้อยชิดดินได้ ก็จะเป็นการประหยัดเงินและเวลา ทำให้อ้อยตอขึ้นสม่ำเสมอและเป็นหน่อจากตอได้ดินที่แข็งแรงและใหญ่กว่าหน่อที่เกิดจากตอเหนียวดิน

2.1.1.2 ใช้จอบถากวัชพืชที่ขึ้นอยู่ระหว่างแถวโดยไม่เผาใบ เพื่อป้องกันโรคและแมลงที่อาจเข้าไปทำลายตออ้อยในระยะที่หน่อยังไม่แตกอีกด้วย

2.1.1.3 การใส่ปุ๋ย ควรใส่ปุ๋ยอ้อยตอมากกว่าอ้อยที่ปลูกใหม่ และปุ๋ยที่ใส่จะต้องเป็นปุ๋ยที่มี N-P-K ครบ เช่น ปุ๋ยสูตร 15-15-15, 16-16-16, 12-24-12 เป็นต้น ในอัตรา 100-200 กิโลกรัม/ไร่ ใส่ลึกลงไปดิน และควรใส่ปุ๋ยแต่งหน้าด้วยปุ๋ยน้ำตาล (ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 21 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน) อัตราไร่ละ 50 กิโลกรัมอีกครั้งเมื่อฝนเริ่มตก อย่าให้ค้างบนตอหรือใบอ้อย

2.1.1.4 จำนวนครั้งที่ไถตอขึ้นอยู่กับหลุมตายว่ามีอย่างน้อยเพียงใด ถ้าหลุมตายมีจำนวนมากก็ควรไถปลูกใหม่จะได้ผลตอบแทนดีกว่า

2.1.2 พันธุ์อ้อยที่นิยมปลูก

อ้อยที่เกษตรกรใช้ปลูกในปัจจุบันคาดว่าจะมีประมาณ 200 พันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกตามแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญนั้นมีอยู่ราว 30 พันธุ์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2537) พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ อีกส่วนหนึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการผสม คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิชาการไทย อ้อยพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีความแตกต่างในด้านผลผลิต (ตัน/ไร่) การแตกกอ (Tillering) ความสามารถในการทนทานต่อความแห้งแล้ง โรค และแมลง ดินที่ขึ้นได้ดี รวมทั้งการเจริญเติบโต สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2537) ร่วมกับศูนย์วิจัยพืชไร่นาสุพรรณบุรี และศูนย์วิจัยอ้อยน้ำตาลวังขนาย ได้รวบรวมพันธุ์อ้อยต่าง ๆ จำนวน 30 พันธุ์ รวมทั้งสรุปข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 สรุปข้อมูลด้านต่าง ๆ ของพันธุ์อ้อยที่คัดเลือกเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคนม

พันธุ์	F156	H48-3166	PHIL 63-17	PHIL 67-23	Q130	KU50
ผลผลิต(ตัน/ไร่)	13-16	12-15	14-17	14-17	14-17	15-20
กอ/ต้น	5-6	6-7	7-8	6-7	7-8	4-8
ดินที่ขึ้นได้ดี	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนทราย	ร่วนทราย
การไวต่อ	ปานกลาง	ดี	ปานกลาง	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
ทนแล้ง	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี
การเติบโต	เร็ว	เร็วมาก	เร็ว	เร็ว	เร็ว	เร็ว

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2537)

ซึ่งในการทำการวิจัยในครั้งนี้จะใช้พันธุ์อ้อยมากอส ฟิล 63-17 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเป็นพันธุ์อ้อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทรายและดินร่วนปนทราย จึงเป็นพันธุ์อ้อยที่ปลูกในปริมาณมากในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2537)

2.1.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย

ตารางที่ 2.2 ได้รวบรวมผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่าง ๆ กันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดอ่อน หญ้ารูซี่ และฟางข้าว (เมธาและฉลอง, 2533) ส่วนตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อย และชานอ้อย จะเห็นได้จากตารางทั้งสองว่าอาหารหยาบเหล่านี้มีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำ หากต้องการนำมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคนมควรทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อน

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่าง ๆ กันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดและฟางข้าว (% on DM basis)

Composition	Maize	Ruzi	Straw	Whole sugar cane				
				6 mths	9 mths	12 mths	15 mths	24 mths
%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

เมธธาและฉลอง 2533

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย (%on DM basis)

Composition	Whole sugar cane	Cane tops	Bagasse
Nitrogen	0.4	0.9	0.4
Total sugar	48.0	25.0	3.0
Crude fibre	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	-

Rangnekar (1988)

2.1.4 ผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ

ตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ กัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าอ้อยพันธุ์มากอสจะให้ผลผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยพันธุ์อื่น ๆ ที่นำมาใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ กัน

อายุ (เดือน)	พันธุ์	ต้น/ตร.ม.	ต้น/ไร่	%DM	สัดส่วน(% of DM)	
					ใบ	ต้น
5	มากอส	11.60	9.93	21.55	60.63	39.37
	อู่ทอง 3	8.19	3.61	19.35	67.51	32.49
	สุพรรณบุรี	11.84	6.93	19.63	69.74	30.26
	50	7.68	5.52	18.69	66.26	33.74
	อู่ทอง 1	2.89	1.72	20.62	66.68	33.32
	K84-200					
6	มากอส	7.27	16.04	28.02	59.51	40.49
	อู่ทอง 3	5.04	13.44	23.03	59.83	40.17
	สุพรรณบุรี	8.27	16.04	24.02	61.30	38.70
	50	4.45	10.39	22.91	59.97	40.03
	อู่ทอง 1	3.59	8.26	22.95	59.81	40.19
	K84-200					
7	มากอส	9.11	16.26	27.00	54.95	45.05
	อู่ทอง 3	6.09	12.07	24.56	59.21	40.79
	สุพรรณบุรี	7.37	13.35	25.65	60.02	39.98
	50	5.70	11.97	25.11	59.76	40.24
	อู่ทอง 1	2.98	6.10	27.73	55.83	44.17
	K84-200					
8	มากอส	9.56	15.18	30.82	57.75	42.25
	อู่ทอง 3	6.09	9.83	26.20	59.23	40.77
	สุพรรณบุรี	7.92	15.95	25.34	56.93	43.07
	50	7.05	13.76	23.15	57.25	42.75
	อู่ทอง 1	3.63	5.09	29.42	53.62	46.38
	K84-200					

9	มากอส	13.40	18.58	27.20	57.92	42.08
	อุ๋ทอง 3	6.80	9.81	27.92	55.42	44.58
	สุพรรณบุรี	9.62	15.32	26.04	58.33	41.67
	50	8.27	11.63	25.85	59.14	40.86
	อุ๋ทอง 1	3.80	4.97	28.29	56.11	43.89
	K84-200					

เพลิน (2546)

2.1.5 ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมระหว่างกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

ตารางที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมระหว่างกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากลุ่มโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสดจะมีปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมใกล้เคียงกับกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก

ตารางที่ 2.5 แสดงให้เห็นถึงปริมาณและองค์ประกอบของน้ำนมระหว่างกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

รายการ	กลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก	กลุ่มโคนมที่ได้รับต้นอ้อยสด
น้ำนม (กก./ตัว/วัน)	12.57	12.61
ไขมัน (กรัม/ตัว/วัน)	493	458
%ไขมัน	3.53	3.25
โปรตีน (กรัม/ตัว/วัน)	371	395
%โปรตีน	2.66	2.80
แล็กโตส (กรัม/ตัว/วัน)	624	630
% แล็กโตส	4.47	4.47
SNF (กรัม/ตัว/วัน)	1125	1156
% SNF	8.06	8.19
Total solid (กรัม/ตัว/วัน)	1488	1484
% Total solid	10.66	10.51

เพลิน (2546)

2.1.6 ผลของการเสริมต้นอ้อยร่วมกับวัตถุดิบต่าง ๆ

Preston and Leng (1987) ทำการรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทดลองใช้ต้นอ้อย (Whole sugarcane) เป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งส่วนใหญ่มักจะเสริมคุณภาพด้วยยูเรียเพื่อให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้รับ Fermentable nitrogen เพียงพอกับความต้องการ (โดยทั่วไปจะทำการเสริมในระดับ 0-4% ของต้นอ้อย DM) นอกจากนี้ยังทำการเสริมด้วยปลายข้าว (ประมาณ 1กก./วัน) และแร่ธาตุผสมอีกเล็กน้อย ผลการทดลองส่วนใหญ่สรุปได้ว่า น้ำหนักตัว, การกินได้ และประสิทธิภาพการใช้อาหารเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนผสมของยูเรียเพิ่มขึ้น แต่ความสัมพันธ์เป็นแบบ Curvilinear (การเสริมยูเรียในช่วงปลายของการให้กากน้ำตาล 0-300 g/litre) อย่างไรก็ตามเมื่อไม่ได้เสริมปลายข้าว ในขณะที่เสริมยูเรียในระดับต่าง ๆ กัน ผลปรากฏว่าการกินได้ต้นอ้อยจะต่ำ สัตว์น้ำหนักตัวลด แต่การย่อยได้ต้นอ้อยเพิ่มขึ้น (Ferreiro et al., 1977)

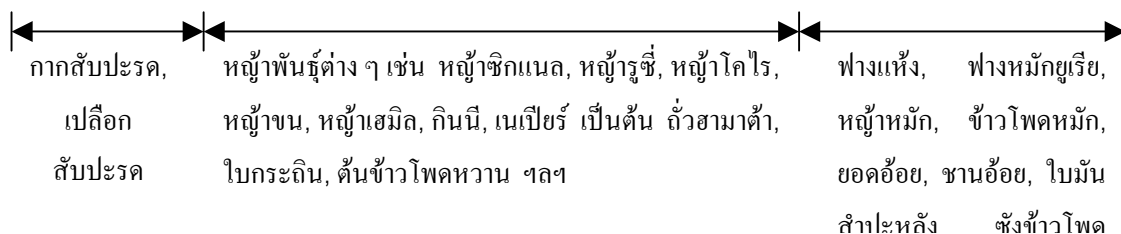
การเสริมต้นอ้อยด้วยยูเรีย ยอดมันสำปะหลัง (Cassava tops) ต้นและใบกระถิน (Leucaena forage) ทำให้การกินได้อาหารโดยรวมเพิ่มขึ้น แต่การกินได้ต้นอ้อยลดลง ซึ่งน่าจะมาจาก Substitution effect (Meyreles et al., 1977 ; Hulman and Preston, 1981) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตน้อยมาก (-40 ถึง 140 g/day เมื่อเสริมด้วยยอดมันสำปะหลัง และ 60 ถึง 200 g/day เมื่อเสริมด้วยต้นและใบกระถิน)

อาหารเสริมที่ให้ผลตอบแทนต่อผลผลิตสัตว์สูงสุด คือ ปลายข้าวที่ระดับ 10-15 %DM ของอาหารทั้งหมด กล่าวคือโคเนื้อจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นระหว่าง 600-900 g/head เมื่อเสริมต้นอ้อยสดด้วยปลายข้าววันละ 600-1200 g/head (Preston et al., 1976), ปลายข้าววันละ 600-1200 g/head และกากน้ำตาล ยูเรียวันละ 1.8-2.2 kg/head (Lopez et al., 1976), ปลายข้าววันละ 600-1,200 g/head และกากเมล็ดฝ้าย (Creek et al., 1976) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลายข้าวอุดมไปด้วยโปรตีน (Amino acids) ไขมันและแป้ง ซึ่งเป็นโภชนาที่จำเป็นสำหรับสัตว์ และแป้งจากปลายข้าวเป็นแป้งที่มีความสามารถไหลผ่านกระเพาะหมักได้สูง (Bypass starch ; Elliot et al., 1978a) นอกจากนี้ Elliot et al., 1978b ยังพบว่าปริมาณของ Non-ammonia nitrogen จากจุลินทรีย์และจากอาหารที่สัตว์กินและไหลผ่านไปยังลำไส้เล็กจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อปริมาณปลายข้าวในอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลายข้าวไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทางหนึ่ง และโดยตัวของปลายข้าวเองมี Bypass protein ค่อนข้างสูงด้วย

2.1.7 พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมของประเทศไทย

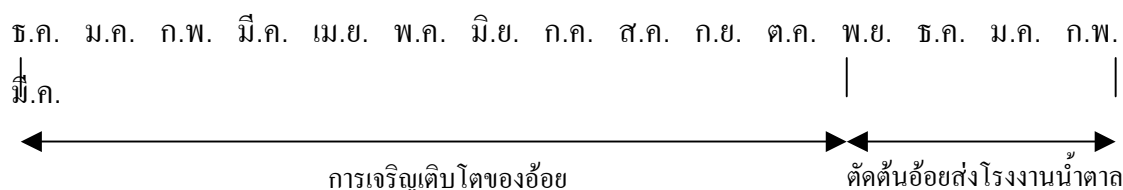
พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมของประเทศไทยในแต่ละเดือนจะแสดงให้เห็นดังนี้คือ

เม.ย. พ.ค. มิ.ย. ก.ค. ส.ค. ก.ย. ต.ค. พ.ย. ธ.ค. ม.ค. ก.ย.
มี.ค.



ในส่วนของการนำคันอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งจะแสดงให้เห็นดังนี้คือ

คันอ้อยอายุ 10-12 เดือน



คันอ้อยอายุ 6 เดือน



ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ จะใช้คันอ้อยสดที่อายุ 10-12 เดือน โดยไม่ผ่านกรรมวิธีในการหมัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อส่งโรงงานน้ำตาลจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม – มีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้งที่โคนมขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำมาเก็บรักษาโดยกรรมวิธีในการหมัก ซึ่งเกษตรกรสามารถตัดสดให้โคนมกินได้ในทันที นอกจากนั้นในช่วงต้นฝน (เม.ย.-พ.ค.) ถึงแม้ว่าพืชอาหารสัตว์ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ แต่ก็ยังมียอดผลอยได้ทางการเกษตรที่ใช้กันอยู่ในช่วงดังกล่าว ได้แก่ กากสับปะรด เปลือกสับปะรด เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีความจำเป็นที่จะทำการหมักคันอ้อยอายุ 10-12 เดือน แต่ในส่วน of คันอ้อยที่อายุ 6 เดือน ซึ่งในการตัดคันอ้อยในช่วงแรกนั้น จะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีพืชอาหารสัตว์อยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องนำมาเก็บรักษาคุณภาพโดยใช้กรรมวิธีในการหมัก เพื่อที่จะนำมาใช้

ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง และการตัดต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือนในครั้งที่ 2 นั้น จะอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ก็สามารถใช้ตัดสดนำไปใช้ได้ทันที

2.2 พืชอาหารหมัก (Silage)

พืชอาหารหมัก (Silage) เป็นอาหารที่เตรียมโดยอาศัยกระบวนการหมัก (Fermentation) ของพืชอาหารที่มีความชื้นสูง ขบวนการทำการหมักเรียกว่า Ensilage ที่หมักเรียกว่า Silo ซึ่งมีหลายแบบและสามารถดัดแปลงนำมาใช้ได้ ขบวนการหมักเกิดขึ้นเนื่องจากการควบคุมให้มีการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติก ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะมีติดอยู่กับพืชสด หรือเกิดขึ้นโดยการจำกัดขบวนการหมักโดยการตากลดความชื้น (Pre-wilting) ของพืชหรือจำกัดโดยการเติมสารเคมี (Additive) ซึ่งขบวนการหมักนี้จะต้องอยู่ในสภาพปราศจากออกซิเจน (Anaerobic) พืชเกือบทุกชนิดจะสามารถนำมาหมักได้ (วิศิษฐ์พร, 2542)

2.2.1 ประโยชน์ของการทำพืชอาหารหมัก (เมธา, 2533)

2.2.1.1 ข้อดี

2.2.1.1.1 เพิ่มความน่ากิน สัตว์จะสามารถกินอาหารหมักได้ในปริมาณมาก ยิ่งถ้าให้ร่วมกับเมล็ดธัญพืชแล้วจะทำให้สัตว์กินได้มากยิ่งขึ้น

2.2.1.1.2 ถ้าให้ร่วมกับอาหารที่มีลักษณะแข็งมาก จะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารนั้น และทำให้สัตว์กินได้มากยิ่งขึ้น

2.2.1.1.3 ช่วยลดแนวโน้มที่อาจจะเกิดโรคท้องอืดได้ (Bloat) โดยเฉพาะถ้าพืชที่นำมาหมักนั้นเป็นพวกตระกูลถั่ว

2.2.1.1.4 อาจจะเป็นวิธีในการลดสารพิษ (Detoxifying) ที่มีอยู่ในพืชนั้น ๆ เช่น กรดไซยานิกในมันสำปะหลัง

2.2.1.1.5 สามารถถนอมเก็บรักษาพืชอาหารไว้ใช้ได้เป็นเวลานาน ๆ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนอาหารสัตว์

2.2.1.2 ข้อเสีย

2.2.1.2.1 สัตว์ที่กินพืชอาหารหมักเข้าไปแล้วอาจจะทำให้มูลเหลว (Laxative effect) บางครั้งจึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการใช้อาหารหมัก เช่น ช่วยก่อนคลอดหรือหลังคลอด

2.2.1.2.2 ในสภาพที่มีอากาศร้อน ถ้าสัตว์กินอาหารหมักไม่หมดจะทำให้เกิดเชื้อราและเน่าเสียได้ง่าย

2.2.1.2.3 จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพืชก่อนนำมาหมัก เช่น การสับ มิฉะนั้นจะทำให้สัตว์เลือกกินได้

2.2.2 คุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก (เมธา, 2533)

2.2.2.1 มีความชื้นประมาณ 60-75% เพื่อเพิ่ม Osmotic pressure ซึ่งจะขัดขวางการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยโปรตีน

2.2.2.2 มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี คือ อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสม เช่น ข้าวโพด ควรอยู่ในระยะเมล็ดเป็นนํ้านม

2.2.2.3 ควรสับพืชให้มีความยาวประมาณ 3-5 เซนติเมตร

2.2.2.4 ควรกองอัดพืชให้แน่นโดยปราศจากอากาศ

2.2.3 จุลินทรีย์วิทยาของพืชอาหารหมัก (Silage microbiology)

แบคทีเรียและเชื้อราพวกใช้ออกซิเจนมีติดอยู่ตามพืชอาหารสดเป็นส่วนใหญ่ แต่ในสภาพปราศจากออกซิเจนในไซโลจุลินทรีย์พวกอื่นจะเจริญเติบโตมาแทน คือ สปีชีส์ *Escherichia*, *Klebiella*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* และ *Pediococcus* นอกจากนั้นมียีสต์พวกที่สามารถอยู่ได้ทั้งสองสภาพ (Facultative anaerobes)

แบคทีเรียพวกผลิตกรดแลกติก (Lactic acid bacteria) เป็นพวก Facultative ซึ่งติดอยู่กับผิวของพืชอาหารสดในปริมาณมาก แบคทีเรียพวกนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พวก Homofermentative เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแลกติก และพวก Heterofermentative เป็นพวกที่ผลิตกรดแลกติก คาร์บอนไดออกไซด์ และเอทานอลชนิดต่าง ๆ ของแบคทีเรีย แสดงไว้ในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกและพบตามผิวของพืชอาหารสด

Homofermentative	Heterofermentative
<i>Lactobacillus platarum</i>	<i>Lactobacillus brevis</i>
<i>Pediococcus acidilactice</i>	<i>Lactobacillus buchneri</i>
<i>Streptococcus durans</i>	<i>Lactobacillus fermentum</i>
<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Lactobacillus viridescens</i>
<i>Streptococcus faecium</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Streptococcus lactis</i>	

McDonald et al. (1981)

หลังจากที่เริ่มมีการหมักแล้ว แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) ซึ่งจะได้กรดอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ คือ กรดแลคติก และความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของอาหารหมักจะลดลงทันที pH นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก ในระดับความชื้นที่ไม่เหมาะสม (pH) จะแสดงความวิกฤตที่จุด ๆ หนึ่ง โดยกรดอินทรีย์จะชะงักการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ pH 3.8-4 กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดทั้งหมด ทำให้ได้พืชอาหารหมักที่มีสภาพดีและลักษณะเหมาะสม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานถ้ายังคงสภาพปราศจากออกซิเจน

ถ้า pH ไม่คงที่แบคทีเรียพวก *Saccharolytic clostridia* ซึ่งติดมากับอาหารในรูปของสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัว และใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกและแป้ง ทำให้ pH สูงขึ้น นอกจากนั้นแบคทีเรียพวก *Less-acid-tolerant proteolytic clostridia* จะเริ่มมีสมรรถภาพสูงขึ้น ซึ่งพวก *Clostridia* นี้จะมีสมรรถภาพสูงในสภาวะที่มีความชื้นสูง

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะเวลาการหมัก (เมธา, 2533)

2.2.4.1 แป้ง

น้ำย่อยในเซลล์พืชที่เกี่ยวข้องกับการหายใจจะยังทำงานไปเรื่อย ๆ ควบคู่กับสภาวะยังมีออกซิเจนและ pH ยังสูงอยู่ แป้งในพืชจะถูกออกซิโดซ์ให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งในช่วงนี้ความร้อนจะสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิของอาหารหมักสูงขึ้น ถ้าในการเตรียมกองหมักไม่แน่นดีจะทำให้อากาศแทรกซึมเข้าไปได้ ทำให้อุณหภูมิในกองหมักสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดจะทำให้ได้อาหารหมักที่ร้อนเกินไป (Overheated silage) เป็นอาหารหมักคุณภาพเลว

ภายใต้สภาวะปกติซึ่งปราศจากออกซิเจน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะหมักสลายแป้งให้ได้กลูโคส และฟรุคโตสให้ได้กรดแลคติกและกรดตัวอื่น ๆ แบคทีเรียพวก Homofermentive มีบทบาทมากในการหมักสลายน้ำตาลพวกเฮกโซส (Hexose) และการไฮโดรไลซิสของพวกเฮมิมเซลลูโลสให้น้ำตาลพวกเพนโตส ซึ่งจะถูกหมักต่อไปได้กรดแลคติกในที่สุด

2.2.4.2 โปรตีน

ประมาณ 75-90% ของไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในรูปของโปรตีนในพืชที่กำลังเจริญเติบโต หลังจากพืชถูกเก็บเกี่ยวแล้วน้ำย่อยโปรตีเอส (Protease) ในพืชจะย่อยโปรตีนให้เป็นกรดแอมมิโนภายในระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง ประมาณ 20-25% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-protein-nitrogen, NPN) ซึ่งส่วน

ใหญ่คือ กรดแอมมิโน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกสามารถย่อยสลายกรดแอมมิโนบางตัวได้ เช่น ย่อย Serine ได้ Acetoin และย่อย Arginine ได้ Ornithine แต่ถ้ามีพวก Clostridia มาก จะมีการเมทาโบไลซ์กรดแอมมิโนในอัตราสูง ทั้งนี้โดยอาศัยขบวนการ 3 แบบ คือ Deamination, Decarboxylation และ Coupled oxidation/reduction ซึ่งจะทำให้เกิดพวก Amines, NH_3 , CO_2 , Keto acid และ Fatty acid

2.2.5 กรดอินทรีย์และความสามารถในการรักษาภาวะความเป็นกรดเป็นด่าง (Buffer capacity, Bc) (เมธา, 2533)

ความสามารถของพืชในการควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (Bc) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อขบวนการทำอาหารหมักมาก ถ้าพืชอาหารหมักมี pH อยู่ในช่วง 4-6 การควบคุม pH นั้นประมาณ 70-80% จะเป็นผลของเกลืออินทรีย์ เช่น พวกเกลือออร์โทฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรต และคลอไรด์ ส่วนอีก 10-20% นั้นขึ้นอยู่กับโปรตีนในพืชของ “Bc” เป็นค่าของมิลลิอีควิวาเลนต์ (meq.) ของด่างต่อกิโลกรัมสิ่งแห้งที่เปลี่ยน pH ของพืชอาหารหมักจาก 4 ให้เป็น 6 เช่น หญาไร มี Bc เท่ากับ 2540-4000 ในขณะที่พืชตระกูลถั่วมี Bc สูงกว่า คือ 500-600 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ยากต่อการทำอาหารหมัก เพื่อให้มีคุณสมบัติในช่วงการหมักควรมีการผลิตกรด แลกติก กรดอะซิติก และกรดอื่น ๆ จะทำให้ค่า Bc สูงขึ้น การควบคุมขบวนการหมักไม่ว่าจะโดยการลดความชื้นหรือการใช้สารเคมี จะเป็นการลดการผลิตสารที่จะทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (Bc) ในพวกหญ้า กรดอินทรีย์ส่วนใหญ่คือ กรดซิตริกและกรดแมลิก ซึ่งในระยะการหมักโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกให้ได้กรดแลกติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เอทานอล นิเวินไดออกซิลและอะเซทโทอิน

2.2.6 พิกเมนต์ (Pigment) (เมธา, 2533)

การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดด้วยตาเปล่าในระยะการหมัก คือ สีของอาหารหมัก การที่อาหารหมักมีสีน้ำตาลอ่อนนั้นเป็นเพราะปฏิกิริยาของกรดที่มีต่อคลอโรฟิลล์ ซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็น Magnesium free pigment pheophytin

การละลายตัวของสารโพรไวตามินเอ (Carotene) จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และการเกิดออกซิเดชัน ถ้าอุณหภูมิสูงและมีขบวนการออกซิเดชันมาก จะทำให้โพรไวตามินเอถูกทำลายมากในอาหารหมักที่มีลักษณะดี ปริมาณโพรไวตามินเอจะถูกทำลายน้อยกว่า 30%

2.2.7 การสูญเสียโภชนะในช่วงการหมัก (เมธา, 2533)

2.2.7.1 การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว (Field losses)

ถ้ามีการเก็บเกี่ยวและหมักในวันเดียวกัน ปริมาณโภชนะจะสูญเสียน้อยมาก หรือมีการตากลดความชื้น สิ่งแห้งที่สูญเสียไปจะไม่มากกว่า 1 หรือ 2% ถ้ามีการตากนานกว่า 48 ชั่วโมง โภชนะจะสูญเสียมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะอาการ ถ้าตากแดดเป็นเวลา 5 วันจะสูญเสียสิ่งแห้งไป 6% ถ้าตากแดดนาน 8 วัน จะสูญเสียสิ่งแห้งไป 10% โภชนะที่สูญเสียมากที่สุดคือ พวกรำและโปรตีนซึ่งถูกไฮโดรไลซ์เป็นกรดแอมมิโน

2.2.7.2 การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (Respiration losses)

เป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของน้ำย่อยในพืช และของจุลินทรีย์ในการย่อยพวกรำในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปกติแล้วถ้ามีการกองพืชอัดแน่นจะมีการสูญเสียประมาณ 1% การที่ส่วนของพืชหมักถูกออกซิเจนเป็นเวลานาน โดยเฉพาะด้านข้างและด้านบนของกองหมักจะทำให้ส่วนนั้นเสีย สัตว์ไม่ชอบกิน การตรวจดูการสูญเสียในส่วนนี้อาจทำให้เข้าใจผิดพลาดได้ เพราะอาจมีการสูญเสียมากถึง 75% ของสิ่งแห้ง

2.2.7.3 การสูญเสียเนื่องจากการหมัก (Fermentation losses)

การสูญเสียของสิ่งแห้งจะเกิดขึ้นน้อยกว่า 5% ส่วนพลังงานนั้นสูญเสียน้อยกว่าอีก ทั้งนี้เพราะมีการผลิตสารประกอบที่ให้พลังงานสูง เช่น เอทานอล ถ้ามีแบคทีเรียพวก Clostridia จะทำให้มีการสูญเสียมากกว่า เพราะมีการผลิตแก๊สต่าง ๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน และแอมโมเนีย

2.2.7.3 การสูญเสียในส่วนของการเหลวที่รั่วไหลออก (Effluent losses)

การไหลซึมของเหลวจากที่เก็บ จะเป็นการนำเอาพวกโภชนะออกไปด้วย การสูญเสียของโภชนะในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นของพืชที่นำมาหมัก โภชนะที่ประกอบอยู่ในของเหลว คือ พวกรำน้ำตาล สารประกอบไนโตรเจน และกรดที่เกิดขึ้นจากการหมัก ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะมาก ถ้านำพืชที่มีความชื้นประมาณ 85% มาหมักจะสูญเสียสิ่งแห้งไปประมาณ 10% แต่ถ้าพืชที่มีความชื้นประมาณ 70% จะมีการสูญเสียสิ่งแห้งน้อยมาก

2.2.8 คุณสมบัติที่ดีของพืชอาหารหมัก (เมธา, 2533)

2.2.8.2 มี pH อยู่ระหว่าง 3.8-4.1

2.2.8.3 มีสีน้ำตาลเข้ม

2.2.8.4 มีกลิ่นหอมออกเปรี้ยว

2.2.8.5 มีความชื้นอยู่ระหว่าง 60-67%

2.3 การควบคุมการกินอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Regulation of feed intake) (วิศิษฐ์พร, 2542)

2.3.1 ระบบประสาทที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Nervous system regulation feed intake)

การกินได้อาหารของสัตว์นั้น จะถูกควบคุมด้วยระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system : CNS) โดยมีสมองส่วน Hypothalamus เป็นศูนย์กลางการควบคุม สำหรับการควบคุมการกินเราสามารถแบ่งสมองส่วนนี้ออกเป็นสองส่วน

2.3.1.1 Ventral-media area (VMA)

มีหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความอิ่ม (Satiety) ถ้าหากได้รับการกระทบกระเทือนทำให้ผิดปกติจะส่งผลทำให้กินอาหารไม่หยุด อาการนี้เรียกว่า Hyperphagia แต่สามารถแก้ไขได้โดยกระตุ้นด้วยไฟฟ้า (Electrical stimulation) ในส่วน VMA จะทำให้สัตว์หยุดกินอาหาร (Cessation of eating)

2.3.1.2 Lateral area

ส่วนนี้มีหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความอยากกิน หรือความหิว (Hunger, Feeding, Appetite area) ถ้าหากส่วนนี้ผิดปกติจะส่งผลต่อสัตว์ทำให้เกิดอาการ Aphagia สัตว์ไม่กินอาหาร (Lack of appetite) และเกิดอาการ Adipsia คือ ไม่กระหาย (Lack of thirsty) สามารถแก้ไขโดยการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าจะทำให้สัตว์เป็นปกติ

2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Factors affecting the intake of ruminants)

ในการประกอบสูตรอาหาร ถึงแม้ว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีดีเท่าใดก็ตาม ถ้าสัตว์ไม่ชอบหรือไม่กินอาหาร อาหารชนิดนั้นก็ไม่มีประโยชน์ ดังนั้นการกินได้ของสัตว์จึงมีความสำคัญอย่างมาก การกินอาหารได้อย่างอิสระ (Voluntary food intake : VFI) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องสำหรับการเลี้ยงดูภายในคอกกัก (Indoor feeding) จะถูกควบคุมโดยปัจจัยหลัก ๆ 2 ประการดังนี้

2.3.1.2 Metabolic factor

เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการโภชนะของสัตว์ และความสามารถของสัตว์ที่จะดูดซึมและนำไปในการใช้ประโยชน์จากโภชนะ สัตว์จะพยายามที่จะปรับให้สมดุลของพลังงานภายในร่างกายมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม สัตว์จะพยายามที่จะรักษาสมดุล

ของพลังงานภายในร่างกายโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินอาหารในรูปพลังงาน เป็นสัดส่วนกับความต้องการพลังงานของสัตว์เอง รวมถึงสัตว์จะพยายามปรับปริมาณการกินอาหารให้เข้ากับสภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ในระยะนั้น ๆ เช่น อายุ ขนาด น้ำหนัก การตั้งท้อง การให้ผลผลิตของสัตว์ และพยายามปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของอากาศ

2.3.2.1.1 ปัจจัยทางเคมี (Chemostatic Factor)

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นมีกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA_s) บางตัวที่มีส่วนควบคุมการกินอาหาร โดยทั่วไปแล้วเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปแล้ว ความเข้มข้นของ VFA_s จะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์กิน จากการฉีดกรดอะซิติก (C₂), กรดโพรปิโอนิก (C₃) และกรดบิวทีริก (C₄) เข้าไปในทางเส้นเลือดของสัตว์ พบว่าสัตว์กินอาหารได้น้อยลง

จากการฉีดกรด C₂ เข้าไปในโคสาวสามารถทำให้โคกินฟางได้น้อยลง 39% ส่วนการใช้ VFA_s หลาย ๆ ตัวทำให้ลูกโคกินอาหารได้น้อยลง 35-50% จากการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้พอจะสรุปถึงความรุนแรงของ VFA_s แต่ละตัวเรียงตามความมากไปหาน้อยได้ดังนี้ C₂ > C₃ > C₄, C₂ จะมีผลในสัตว์ที่กินอาหารหยาบมากกว่าในสัตว์ที่กินอาหารข้น ทั้งนี้เพราะการใช้อาหารหยาบจะมีการผลิตกรด C₂ มาก และส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลยับยั้งต่อปริมาณการกินอาหารของสัตว์ ส่วนกรดอินทรีย์ตัวอื่น ๆ เช่น กรดแลคติก, กรดซิตริก, กรดควาลาริก และกรดฟอร์มิก ปรากฏว่าไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหาร

2.3.2.1.2 ปัจจัยทางอุณหภูมิ (Thermostatic factor)

สัตว์สามารถปรับลักษณะการกินอาหารได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิต่ำหรืออากาศหนาวสัตว์จะกินอาหารเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงข้ามถ้าอุณหภูมิสูงหรืออากาศร้อนสัตว์จะกินอาหารได้น้อยลง ซึ่งเข้าใจว่าความร้อนภายในของร่างกายเป็นตัวควบคุมการกินอาหารมากกว่า และกล่าวว่าอุณหภูมิไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง แต่กิจกรรมของตัวสัตว์เองที่มีส่วนมากกว่า

2.3.2.1.3 ปัจจัยควบคุมการกินอาหารระยะยาว

2.3.2.1.3.1 ปัจจัยควบคุมปริมาณไขมัน (Lipostatic factor)

โคที่อ้วนกว่ามีปริมาณไขมันสะสมในช่องท้องมากกว่า จึงอาจทำให้ Metabolites ในเลือดสูงกว่า ซึ่งอาจไปมีผลควบคุมการกินอาหารของโค

2.3.2.1.3.2 ปริมาณไขมันสะสมของโคที่ผอม อาจจะสามารถในการตอบสนองได้เร็วกว่า จึงมีความสามารถในการลดปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารออกจากกระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว

2.3.2.1.3.3 Metabolites ในกระแสเลือด

พบว่า Metabolites ต่าง ๆ ในกระแสเลือดที่อาจมีผลต่อการควบคุมการกินระยะยาว เช่น Lipoproteins, Free fatty acids และฮอร์โมนชนิดต่าง ๆ

ฮอร์โมน Insulin และ Growth hormone พบว่ามีบทบาทบางส่วน แต่ฮอร์โมนที่มีลักษณะสูตรโครงสร้างเป็น Steroid อาจมีบทบาทมากที่สุดในการควบคุมตามทฤษฎีปัจจุบัน ฮอร์โมนที่สำคัญมีดังนี้

2.3.2.1.3.3.1 ฮอร์โมน Diethyl stilbestrol (DES) สามารถทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะผลจากการเก็บกักไนโตรเจน (Nitrogen Retention) และขบวนการสร้าง (Anabolic activity) ภายในร่างกายของสัตว์เพิ่มขึ้น

2.3.2.1.3.3.2 ฮอร์โมน Progesterone ฮอร์โมนนี้มีความเข้มข้นสูงมากในช่วงที่สัตว์กำลังตั้งท้อง พบว่าอาจมีผลต่อการเพิ่มปริมาณการกินอาหาร เพราะสัตว์ที่ตั้งท้องมีแนวโน้มในการสะสมไขมัน

2.3.2.1.3.3.3 ฮอร์โมน Estrogen ฮอร์โมนนี้มีส่วนทำให้การสะสมไขมันลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสัตว์มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น และผลจากความเครียด (Stress) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด Estrus

นอกจากนี้ยังมีฮอร์โมนและสารอื่น ๆ ที่อาจมีบทบาท เช่น Prostaglandins ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง ส่วนฮอร์โมน Glucocorticoids ซึ่งมีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น

2.3.2.2 Physical factor

เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถของสัตว์ที่จะกินอาหาร ความจุกระเพาะอาหาร และความสามารถในการย่อยอาหาร ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบ Voluntary food intake (VFI) จะถูกกำจัดการกินโดยความจุของกระเพาะ (Rumen cavity) ปัจจัยทางกายภาพนี้จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการขยายตัว (Distention) ของ Reticulo-rumen และการไหลผ่านของ Digesta ออกจาก Reticulo-rumen

2.3.2.2.1 การขยายตัวของ Reticulo-rumen (Distention of the reticulo-rumen)

สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบ (Roughage) เป็นอาหารหลัก จะกินอาหารได้ตามความจุของกระเพาะ หลังจากนั้นสัตว์จะหยุดกินอาหาร ซึ่งการขยายตัวของกระเพาะจะถูกกำหนดโดยความจุของช่องท้อง (Abdominal cavity) อีกที่หนึ่ง นอกจากนี้ถ้าแม่โคกำลังตั้งท้อง การเจริญเติบโตของตัวอ่อนจะทำให้เนื้อที่ภายในช่องท้องลดลง เป็นเหตุให้เกิดการจำกัดการกินของสัตว์ การควบคุมให้สัตว์หยุดกินอาหารเมื่อกระเพาะขยายเต็มที่ เกิดจากการที่ผนัง

กระเพาะมีประสาทรับความรู้สึกถึงการขยายตัวของกระเพาะรูเมน ทำให้ไปกระตุ้นให้เกิดการควบคุมให้สัตว์หยุดกินอาหาร

2.3.2.2.2 อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen (Rate of passage) อัตราการไหลผ่านของ Digesta จาก Reticulo-rumen ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร อัตราการย่อยสลายทางกายภาพ (การเคี้ยวและการเคี้ยวเอื้อง) อัตราการย่อยสลายทางเคมี ความสามารถในการบีบรัดของกล้ามเนื้อกระเพาะอาหาร และขนาดของ Reticulo-omasal orifice

ถ้าส่วนประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์กินเข้าไปย่อยได้ง่าย เช่น Soluble carbohydrate ในปริมาณมาก Digesta จะไหลผ่านได้เร็ว เพราะขนาดของอาหารมีขนาดลดลงเร็วขึ้น ทำให้มีความสามารถในการไหลผ่านจาก Reticulo-rumen ได้เร็วขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าอาหารประกอบไปด้วย Structural carbohydrate อาหารจะถูกย่อยได้ช้า Digesta ก็ จะไหลผ่าน Reticulo-rumen ได้ช้า

การที่อาหารถูกเก็บใน Reticulo-rumen เรียกว่า Retention time ทำให้เกิดการหมักย่อยของจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น โดยปกติ Retention time จะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กิน ลักษณะทางกายภาพของอาหารหยาบ สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการไหลของอนุภาคของอาหาร (Feed particle) จาก Reticulo-rumen ประกอบด้วย ขนาด และความหนาแน่นของ Feed particle อัตราการลดขนาดของ Feed particle ส่วนประกอบของ Cells wall ในอาหาร Hydration time, pH และความถี่ของการบีบตัวของ Rumen และ Abomasum

2.3.2.2.3 ปัจจัยทางพฤติกรรมการกินอาหารของ Grazing cattle

Grazing animal มีความยากที่จะอธิบายถึงการควบคุมการกินอาหาร มากกว่าสัตว์ที่เลี้ยงคูดอยู่ในคอก เพราะต้องเดินหากิน (Searching) ต้องจับตึงอาหารเข้าปาก (Prehending) และต้องเก็บเกี่ยวอาหาร (Harvesting) ดังนั้นความแตกต่าง Grazing ruminants และ Indoors feeding ruminants คือ จะมีการเข้าถึงอาหาร (Accessibility) ความสามารถในการกินอาหารค่าใหญ่ ๆ เพื่อที่จะกินอาหารให้เพียงพอกับความต้องการในเวลาจำกัด

ถ้าปริมาณหญ้ามีให้โคกินมากมาย คุณค่าทางอาหารของหญ้าจะเป็นตัวกำหนดการกินได้ โดยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการแทะเล็ม สัตว์จะเลือกกินหญ้าที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่ถ้าคุณค่าทางอาหารของหญ้าง่ายการกินได้จะถูกควบคุมโดย Distention mechanism ถ้ามีหญ้าน้อยคุณค่าทางอาหารของหญ้าแทะจะไม่ส่งผลต่อการกินได้ แต่จะถูกควบคุมโดยพฤติกรรมการกิน

2.3.2.2.4 Animal Factors

2.3.2.2.4.1 ขนาด น้ำหนักตัว อายุ และพันธุกรรมของสัตว์

ขนาดของตัวสัตว์ เป็นตัวกำหนดปริมาณของช่องท้อง (Abdominal cavity) จะมีความสัมพันธ์กับความจุของกระเพาะ (Rumen capacity) สัตว์ที่มีขนาดตัวใหญ่จะสามารถกินอาหารได้มากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็กกว่า นอกจากนี้อายุของสัตว์ก็มีส่วนเกี่ยวข้องในการกิน คือการกินได้ของสัตว์จะมากขึ้นเมื่อสัตว์มีการเจริญเติบโตจากอายุน้อยไปอายุมากขึ้น พันธุกรรมของสัตว์ก็มีความเกี่ยวข้องกับการกิน โดยจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัตว์แต่ละพันธุ์ เช่นในพันธุ์สัตว์ที่มีขนาดเล็กจะกินอาหารได้น้อยกว่าสัตว์พันธุ์ที่มีขนาดใหญ่

2.3.2.2.4.2 การตั้งท้อง (Pregnancy)

ในช่วงต้นและช่วงกลางของการตั้งท้อง สัตว์จะกินอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีอัตราการเกิด Metabolism เพิ่มขึ้น และเพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อน และอาจเกิด Progesterone hormone เพิ่มขึ้น ทำให้เหนี่ยวนำการกินอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉลี่ยแล้ว สัตว์จะกินอาหารลดลงในช่วงระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนคลอด เพราะการเจริญเติบโตของตัวอ่อน และการสะสมไขมันกินพื้นที่ในช่องท้อง และอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ Hormone ในร่างกาย

2.3.2.2.4.3 การให้นมในโคนม

ในโคนมที่กำลังรีดนมจะกินอาหารมากกว่าโคที่ไม่ได้รีดนม ซึ่งโดยทั่วไปโคที่รีดนมจะกินอาหารมากกว่าโคที่ไม่รีดนม คิดเป็นร้อยละ 42 เนื่องจากโคต้องการพลังงาน และสารอาหารไปใช้ในการผลิตน้ำนมมากขึ้น

2.4 ความต้องการพลังงานและโปรตีนของโคนม

โภชนาเป็นสารอาหารที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายในด้านชีวเคมี ในโคนมมีความต้องการโภชนาเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับ เพศ พันธุ์ อายุ น้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโต ระดับการให้ผลผลิต และสภาวะทางสรีระ ซึ่งโภชนาที่สำคัญสำหรับโคนม ได้แก่ โภชนาประเภทพลังงาน โปรตีน น้ำ วิตามิน และแร่ธาตุ ความต้องการโภชนาที่จะใช้ประโยชน์ในร่างกายนั้นสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

2.4.1 ความต้องการโภชนะ (Nutrient requirement)

2.4.1.1 ความ ต้องการ โภ ช น ะ ใน การ ดำ ร ัง ชี พ (Nutrient requirement for maintenance)

ความต้องการโภชนะในการดำรงชีพ คือ โภชนะที่ต้องใช้เพื่อขบวนการเมตาบอลิซึมขั้นพื้นฐานของร่างกายในการที่จะทำให้โคดำรงชีวิตอยู่ได้ ซึ่งเป็นค่าโภชนะต่ำสุดโดยไม่เกิดการดึงเอาโภชนะที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ การวัดความต้องการโภชนะในการดำรงชีพนั้นโคจะต้องอยู่ในสภาพพักผ่อนเต็มที่ ไม่มีความเครียดผ่านการย่อยและดูดซึมอาหารมาแล้ว อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมต้องเป็นอุณหภูมิในช่วงที่โคอยู่ได้อย่างสบาย (Thermonutral zone) ทั้งนี้ความต้องการโภชนะในการดำรงชีพขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญๆ ได้แก่ อายุ น้ำหนักตัว พื้นที่ผิว อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม และสภาพทางสรีรวิทยา เช่น เพศ ระยะให้นม หรือระยะอุ้มท้อง

2.4.1.2 ความต้องการโภชนะในการเจริญเติบโต (Nutrient requirement for growth)

ร่างกายของสัตว์ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการสะสมโภชนะเหล่านี้ในการเจริญเติบโต ฉะนั้นการเจริญเติบโตต้องการโภชนะเหล่านี้มากในระยะเวลาที่มีการสะสม โภชนะในร่างกายก็ต้องมีการสูญเสียโภชนะไปบางส่วนบ้างเหมือนกัน สัตว์จึงต้องการโภชนะเหล่านี้มากกว่าที่สะสมไว้ นอกเหนือไปจากจำนวนที่ใช้ในการดำรงชีพ จำนวนโภชนะที่ต้องการใช้ในการเจริญเติบโตจะแตกต่างกันตามอายุของตัวสัตว์ และชนิดของเนื้อเยื่อที่สร้างขึ้น เช่น สัตว์ที่โตมากแล้วและอยู่ในระยะขุนหรือกำลังอ้วนไม่ต้องการโปรตีนหรือแร่ธาตุนัก แต่สัตว์ที่ยังเล็กกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วต้องการใช้โปรตีนและแร่ธาตุมากเพื่อใช้ในการสร้างกล้ามเนื้อและกระดูก

2.4.1.3 ความ ต้องการ โภ ช น ะ ใน การ สืบ พ ัน ธุ์ (Nutrient requirement for reproduction)

การสืบพันธุ์เป็นหน้าที่สำคัญของสัตว์โดยเฉพาะในโคนมที่ต้องผสมพันธุ์ให้คลอดลูกทุกปี ในการอุ้มท้องระยะแรกๆ 5-6 เดือน โคอาจไม่ต้องการโภชนะมาก แต่จะต้องการโภชนะหลายอย่างเพิ่มมากขึ้นในระยะ 2-3 เดือนก่อนคลอด เพื่อใช้ในการสร้างรก และลูกโคในท้องที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ตามปกติความต้องการโภชนะเพื่อการสืบพันธุ์ไม่มากเท่ากับความต้องการเพื่อการดำรงชีพหรือการเจริญเติบโต

2.4.1.4 ความต้องการโภชนะเพื่อการสร้างน้ำนม (Nutrient requirement for production)

ความต้องการโภชนะของโคนมในการสร้างน้ำนมมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำนมของโคนมที่ผลิตได้ โคนมที่ให้นมมากกว่าวันละ 10 กิโลกรัม จะต้องใช้อาหารที่มีคุณภาพมากกว่าที่กระเพาะโคบรรจุได้ ความต้องการอาหารสำหรับสร้างน้ำนมจะมากกว่าความต้องการใช้ในงานอย่างอื่นและชนิดของโภชนะต่างๆ ก็ต้องมากชนิดเช่นกัน

2.4.2 พลังงาน (Energy)

แหล่งของพลังงานในโคนมส่วนใหญ่ได้อาจคาร์โบไฮเดรต โคนมจะใช้พลังงานในรูปของกลูโคส ขบวนการสร้างพลังงานนั้นจะได้จากขบวนการ 2 ขบวนการคือ Glycolysis และ Gluconeogenesis ซึ่งในโคนมจะได้พลังงานมาจาก Gluconeogenesis มากกว่า เนื่องจากการย่อยโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในส่วนของกระเพาะหมัก และเนื่องจากโคนมเป็นสัตว์ที่มีกระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายที่สูงมาก จำเป็นต้องใช้พลังงานในการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การให้ผลผลิตน้ำนม และการสืบพันธุ์ รวมทั้งจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเองก็จำเป็นต้องใช้พลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ เพื่อความสมดุลของระบบนิเวศในกระเพาะหมัก และสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนให้กับตัวโคนมเอง ดังนั้น พลังงานจึงมีความสำคัญอย่างมากในการประกอบสูตรอาหารซึ่งเป็นตัวที่ชี้ให้เห็นถึงความต้องการของตัวสัตว์เพื่อที่จะใช้วัตถุดิบที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารนั้นมีพลังงานตามความต้องการของโคนม

2.4.2.1 หน่วยของพลังงาน

ระบบที่นิยมใช้ในการหาความต้องการของพลังงานในปัจจุบันคือ **National Research Council (NRC)** เป็นระบบของสหรัฐอเมริกา และ **Agricultural Research Council (ARC)** เป็นระบบของประเทศในเครือจักรภพอังกฤษ หน่วยของทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการคำนวณหาพลังงานนั้นแตกต่างกัน คือในระบบของ NRC ใช้หน่วยวัดพลังงาน 2 วิธีคือ **TDN** และ **Calorie system**

2.4.2.1.1 Total digestible nutrients (TDN) โดย

$$\text{TDN} = \frac{\text{Digestible [CP + CF + NFE + (2.25 EE)]}}{\text{Feed DM Consumed}}$$

2.4.2.1.2 Calorie system เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงาน

โดยที่ 1 cal คือพลังงานความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C (โดยเพิ่มจาก 14.5°C เป็น 15.5°C) โดยใช้เครื่อง **Bomb calorimeter** เพื่อเผาผลาญอาหารที่ต้องการวัดค่าพลังงานในสภาพที่มี **Oxygen**

ส่วนในระบบของ ARC นั้นใช้ Metabolizable energy (ME) มีหน่วยเป็น Joules, Kilojoules (kJ) และ Megajoules (MJ) ทั้ง 2 ระบบสามารถเทียบพลังงานได้โดย

$$1 \text{ cal} = 4.184 \text{ joules}$$

$$\text{TDN} = 3.82 \text{ Mcal ME} = 19 \text{ MJ DE} = 16 \text{ MJ ME}$$

2.4.2.2 การจำแนกประเภทของพลังงาน (Partition of energy) (บุญล้อม, 2541)

อาหารที่สัตว์กินเข้าไป จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ ก่อนที่สัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การย่อย การดูดซึม และการเมตาบอลิซึม เป็นต้น ในการนี้จะมีพลังงานที่สัตว์กินเข้าไปบางส่วนสูญเสียไปในรูปของมูล ปัสสาวะ แก๊สจากการหมักย่อย และความร้อน พลังงานที่เหลือเรียกว่า พลังงานสุทธิ ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต

ในอาหารทั่วไปประมาณว่ามีการสูญเสียพลังงานในมูล 30% พลังงานในปัสสาวะ 5% พลังงานในรูปแก๊ส 5% และพลังงานในรูปของความร้อน (Heat increment, HI) 20% เหลือเป็นพลังงานสุทธิประมาณ 40% ของพลังงานที่กินเข้าไปทั้งหมด อย่างไรก็ตามค่าเหล่านี้อาจผันแปรไปได้แล้วแต่ปัจจัยต่าง ๆ มากมาย เช่น ชนิดของอาหาร คุณภาพอาหาร ชนิดของสัตว์ และปริมาณอาหารที่กินได้ เป็นต้น

เมื่อนำพลังงานที่สูญเสียไปในมูล (Fecal energy, FE) ไปหักลบออกจากพลังงานทั้งหมดที่กินเข้าไป (Intake energy in food หรือ IE) จะเหลือเป็นพลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)

เมื่อนำพลังงานในปัสสาวะ (Urinary energy, UE) ไปหักลบจากพลังงานย่อยได้ (DE) จะเหลือพลังงานเมแทบอลิซ (Metabolizable energy, ME) หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าพลังงานใช้ประโยชน์ ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีการสูญเสียพลังงานไปในรูปแก๊สที่เกิดจากการหมักในกระเพาะเรติคิวโลรูเมน (Reticulo-rumen) ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นก๊าซมีเทน จึงต้องนำส่วนนี้มาหักออกจากพลังงานย่อยได้ด้วย จึงจะเป็นพลังงานเมแทบอลิซ และเมื่อนำพลังงานที่สูญเสียไปในรูปของความร้อน (Heat increment, HI) ไปหักออกจากพลังงานเมแทบอลิซ (ME) จะได้พลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิต (Net energy for maintenance, NE_M), เพื่อการเจริญเติบโต (Net energy for gain, NE_G) และเพื่อการสร้างผลผลิตน้ำนม (Net energy for lactation, NE_L)

นั่นคือ	GE	=	Gross Energy
	DE	=	GE-FE
	ME	=	GE-(FE+UE+Methane energy) หรือ
		=	DE-(UE+Methane energy)
	NE	=	ME-HI
ซึ่ง	DE	=	Digestible energy
	ME	=	Metabolisable energy
	NE	=	Net energy
	FE	=	Fecal energy
	UE	=	Urinary energy
	HI	=	Heat increment

2.4.2.2.1 พลังงานรวม (Gross energy , GE)

Gross energy (GE) คือ พลังงานที่ได้เมื่อสารถูกเผาผลาญอย่างสมบูรณ์ได้เป็น คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ หรือหมายถึงความเข้มข้นของพลังงานทั้งหมดในอาหารหรือในเนื้อเยื่อของสัตว์ พลังงานนี้จะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อน ในทางโภชนาศาสตร์ถือว่า พลังงานเผาผลาญ คือ พลังงานทั้งหมดที่มีในอาหารหรือสิ่งอื่น ๆ เช่น มูล ปัสสาวะ หรือผลิตภัณฑ์ โดยยังมีได้คำนึงถึงการสูญเสีย คำนี้นี้ได้จากการนำอาหารหรือตัวอย่างเหล่า

นี้มาเผาในเครื่องมือวัดพลังงานที่เรียกว่า บอมบ์ แคลอรีมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้น (Heat of combustion)

Bomb calorimeter ประกอบด้วยตัวบอมบ์ซึ่งเป็นโลหะที่แข็งแรงไว้ในถังน้ำที่มีฉนวนกันการสูญเสียหรือเพิ่มความร้อน มีใบพัดคนน้ำอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอ และมีเทอร์โมมิเตอร์สำหรับวัดการเปลี่ยนอุณหภูมิ อาหารหรือตัวอย่างที่ต้องการวัดพลังงานจะถูกชั่งแล้วอัดเม็ดหรือบรรจุแคปซูล วางไว้ในถ้วยที่อยู่ในบอมบ์ ปิดฝา บอมบ์และอัดออกซิเจนเข้าไปภายในตัวบอมบ์ประมาณ 25-30 Atmospheres เพื่อการเผาผลาญ ตัวอย่าง นำตัวบอมบ์วางลงในถังน้ำที่ได้ชั่งน้ำหนักของน้ำไว้แล้ว ปิดฝาเครื่องแล้วทำการวัดอุณหภูมิของน้ำ รอจนกระทั่ง บันทึกอุณหภูมิของน้ำ จากนั้นเผาตัวอย่างโดยใช้ไฟฟ้า ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการสันดาปจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำ เมื่ออยู่ในสมดุลแล้ววัดอุณหภูมิของน้ำอีกครั้ง จากนั้นคำนวณหาปริมาณพลังงานของตัวอย่างจากน้ำหนักน้ำที่ใช้แช่ตัวบอมบ์ รวมกับอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเผาผลาญ และจากความร้อนจำเพาะของน้ำและของบอมบ์

ส่วนประกอบของอาหารที่ให้พลังงานได้แก่ ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีพลังงานอยู่โดยประมาณเท่ากับ 39, 24 และ 17.5 MJ/kgDM ตามลำดับ GE จึงผันแปรตามส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่าง ๆ แต่โดยทั่วไปแล้วอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมี GE อยู่ในช่วง 18-19 MJ/kgDM

2.4.2.2.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)

เมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไป ส่วนของ GE เพียงบางส่วนเท่านั้นจะถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการสร้างเนื้อเยื่อและสร้างผลผลิต ทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างการเกิดขบวนการย่อย (Digestion) และเมตาโบลิซึม (Metabolism) ภายในร่างกายจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไป พลังงานส่วนแรกที่ยาไปคือพลังงานในอุจจาระ (Faecal energy, FE) เป็นส่วนหนึ่งของ GE ในอาหารที่ไม่ถูกย่อย การวัดพลังงานในอุจจาระวัดได้โดยการวัดปริมาณอุจจาระที่ขับถ่ายออกมา (kgDM) และวัดความเข้มข้นของพลังงานในอุจจาระโดยใช้ Bomb calorimeter ส่วนต่างระหว่าง GE ที่สัตว์กินเข้าไปกับพลังงานในอุจจาระ (FE) เรียกว่าพลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE) ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปในอุจจาระนั้นเป็นส่วนที่มากที่สุด ในโคและแกะที่กินอาหารหยาบคุณภาพต่ำอาจสูญเสีย 50-80 % แต่ในโคนมซึ่งได้รับอาหารคุณภาพดีอาจสูญเสียประมาณ 10-20 %

$$\begin{aligned} \text{GE Intake} - \text{Faecal energy output} &= \text{DE} \\ \text{หรือ DE} &= \text{GE} - \text{FE} \end{aligned}$$

2.4.2.2.3 พลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME)

นอกจากพลังงานที่สูญเสียไปในอุจจาระแล้ว ขณะเดียวกันจะมีพลังงานบางส่วนถูกขับออกภายนอกร่างกายโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ ซึ่งก็คือพลังงานที่ขับออกไปในปัสสาวะ (Urinary energy) และพลังงานที่ขับออกในรูปแก๊ส (Gaseous หรือ Methane energy) ฉะนั้นส่วนของ DE ที่ไม่ปรากฏในปัสสาวะและแก๊สมีเทน (ซึ่งผลิตขึ้นระหว่างการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน) เรียกว่าพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy)

$$DE - (\text{Urinary energy} + \text{Methane energy}) = ME$$

ฉะนั้น ME สามารถคำนวณได้โดยการวัดค่า GE ในอาหาร และวัดค่าพลังงานในอุจจาระ ปัสสาวะ และ Methane สำหรับ Urinary energy และ Methane energy โดยปกติจะมีค่าเป็นสัดส่วนค่อนข้างคงที่กับ Digestible energy ($\approx 18\%$) ฉะนั้นจึงสามารถประมาณค่า ME ได้ดังนี้

$$ME = 0.82 DE$$

ความเข้มข้นของพลังงาน ME ที่ประกอบอยู่ใน GE มีชื่อเรียกว่า Metabolizability (q) หรือหมายถึงสัดส่วนของ ME ใน GE ของอาหารสัตว์

$$q = ME/GE$$

2.4.2.2.4 พลังงานสุทธิ (Net Energy, NE)

เมื่อหักค่า Heat increment (HI) ของอาหารออกจากค่าพลังงานเมแทบอลิซ (Metabolizable energy, ME) ก็จะได้พลังงานสุทธิ (Net energy)

$$NE = ME - HI$$

พลังงานสุทธิที่ใช้ในการดำรงชีวิต (Net energy for maintenance, NE_M) ส่วนใหญ่ใช้ในการทำงานของร่างกายที่จำเป็นต่อชีวิตและจะถูกระบายออกจากตัวสัตว์ใน

รูปของความร้อน ส่วนพลังงานสุทธิที่ใช้ในการผลิต (Net energy for production, NE_p) เช่น เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อสะสมไขมัน เพื่อสร้างเนื้อ นม ไข่ หรือขน ก็จะถูกสะสมไว้ในร่างกาย หรือออกไปในรูปพลังงานเคมี ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการสร้างส่วนดังกล่าวนี้เรียกว่า Energy retention

2.4.2.3 การประเมินค่าพลังงานในอาหารตามระบบ NRC (2001)

ระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนาการโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยังยากซับซ้อน ประเทศต่าง ๆ จึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้การประเมินค่าทางพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี เช่น ในประเทศเยอรมันคำนวณค่า NE_L จาก GE และ ME ประเทศสหรัฐอเมริกาคำนวณจาก TDN อย่างไรก็ตามการจะได้มาซึ่งค่าต่าง ๆ ในการทำนายคุณค่าทางพลังงานก็มีหลากหลาย บางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารบางชนิด เช่น อาหารข้น บางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารหยาบ จนกระทั่ง Weiss et al. (1992) ทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานกับอาหารหลายชนิดรวมทั้ง By-products และ Heat-damaged forages ได้ หลักการของสมการนี้ยึดหลักที่ว่า โภชนาชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนาดังกล่าวประกอบด้วย CP, Fat, NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย True digestibility (TD) ของโภชนาชนิดนั้น ๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE ได้โดยอาศัยสมการต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

2.4.2.3.1 สมการคำนวณค่า TDN

ค่า TDN คำนวณได้จากการรวมพลังงาน CP, FA, NDF และ NFC เข้าด้วยกัน แต่เนื่องจากพลังงานจากองค์ประกอบเหล่านี้ได้มาจากค่า True digestibility ในขณะที่ค่า TDN เป็นค่าที่คิดจาก Metabolic TDN มีค่าประมาณ 7 ดังนั้นสมการคำนวณค่า TDN จะเป็นดังนี้

$$TDN_{1x}(\%) = tdNFC + tdCP + (tdFA \times 2.25) + tdNDF - 7 \quad (\text{Weiss et al., 1992})$$

เมื่อ 1x = One time maintenance
td = Truly digestible

2.4.2.3.1.1 พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น Uniform feed fraction ที่มีค่า td ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับ Maintenance NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่า

Ash, CP, NDF_N และ EE จาก 100 ที่ต้องใช้ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อให้ CP ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

Truly digestible NFC (tdNFC) มีค่าเท่ากับ

$$0.98(100 - [(NDF - NDICP) + CP + EE + Ash]) \times PAF \text{ (Weiss et al., 1992)}$$

หรือมีค่าเท่ากับ $0.98(100 - [(NDF_N + CP + EE + Ash)]) \times PAF \text{ (Weiss et al., 1992)}$

เมื่อ NFC = Non fiber carbohydrate
 NDF = Neutral detergent fiber
 NDIN = Neutral detergent insoluble nitrogen
 PAF = Processing adjustment factor (เป็นค่าที่ใช้ในวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรือการอบด้วยไอน้ำ)

ตารางที่ 2.7 Processing adjustment factors (PAF) for NFC (NRC, 2001)

Feedstuff	PAF
Bakery waste	1.04
Barley grain, rolled	1.04
Bread	1.04
Cereal meal	1.04
Chocolate meal	1.04
Cookie meal	1.04
Corn grain, cracked dry	0.95
Corn grain, ground	1.00
Corn grain, ground high moisture	1.04
Corn and cob meal, ground high moisture	1.04
Corn grain, steam flaked	1.04
Corn silage, normal	0.94
Corn silage, mature	0.87
Molasses	1.04
Oats grain	1.04
Sorghum grain, dry rolled	0.92
Sorghum grain, steam flaked	1.04
Wheat grain, rolled	1.04
All other feeds	1.00

For feeds not shown, PAF = 1.0

2.4.2.3.1.2 พลังงานจากโปรตีน

โปรตีน เป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (TD) ของ Crude protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ ในพืชส่วนมากมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารชั้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (Unheated concentrate) ค่า TD_{CP} จะมีค่าประมาณ 1.0 (Fonnesbeck et al., 1984) อาหารที่ถูกความร้อน ค่า TD_{CP} จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของ CP และอัตราการถูกทำลายด้วยความร้อน (Heat damage) มีความสัมพันธ์กับ Acid detergent nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงสามารถคำนวณค่า TD_{CP} ได้จาก ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์นี้ในอาหารชั้นและอาหารหยาบมีไม่เท่ากันจึงต้องใช้สมการในการคำนวณต่างกัน

พลังงานจากโปรตีนในอาหารหยาบ :

Truly digestible CP for forages ($tdCP_f$) = $CP \times \exp^{[-1.2 \times (ADICP/CP)]}$ (Weiss et al., 1992)

พลังงานจากโปรตีนในอาหารชั้น :

Truly digestible CP for concentrate (tdCpC) = $[1 - (0.4 \times (ADICP/CP))] \times CP$ (Weiss et al., 1992)

เมื่อ ADICP = Acid detergent insoluble N $\times$ 6.25

2.4.2.3.1.3 พลังงานจากไขมัน

ค่า Ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้ง Triglycerides), Waxes, Pigments และปัจจัยอื่น ๆ อีกเล็กน้อย ในการวิเคราะห์หาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ Fatty acid (FA) มากกว่าการวิเคราะห์ EE ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ Uniform ในขณะที่ EE ไม่ Uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์สามารถหาค่า EE ได้ ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.0 % ของ DM ในอาหารเท่านั้น

$$FA = EE - 1.0 \quad (\text{Allen, 2000})$$

$$tdFA = FA \quad \text{แต่ถ้าในกรณี } EE < 1, FA \text{ จะมีค่าเท่ากับ } 0$$

2.4.2.3.1.4 พลังงานจาก NDF

NDF เป็นค่าที่ไม่ Uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (Potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ Uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 ค่า pdNDF ประเมินได้โดยนำค่าของ Lignin ไปหักลบออกจาก NDF เพื่อให้ได้ค่า Lignin surface area เพราะ Lignin ย่อยไม่ได้ และยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ Cellulose และ Hemicellulose

ดังนั้นค่า pdNDF คำนวณได้จากสมการ

$$pdNDF = (NDF - Lignin) [1 - (Lignin/NDF)^{0.667}] \quad (\text{Weiss et al., 1992})$$

ค่าทุกค่ามีหน่วยเป็น % ของ DM และ Lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF-Sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชเกือบทุกชนิด แต่ใน By-product หลายชนิดอาจมีส่วนของ CP ปนมาในค่า NDF มาก ทำให้มีค่า NDF สูงเกินไป ดังนั้นจึงควรวิเคราะห์ Neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) ด้วยเพื่อคำนวณหาค่า NDF ที่ปราศจาก N แล้ว (NDF_N) ดังนี้

$$NDF_N = NDF - NDICP \quad (\text{NRC, 2001})$$

ค่าทุกค่ามีหน่วยเป็น % ของวัตถุแห้ง และ NDICP เท่ากับ NDIN x 6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ Maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

True digestible NDF (tdNDF) มีค่าเท่ากับ

$$0.75 \times (\text{NDF}_N - \text{Lignin}) \times [1 - (\text{Lignin}/\text{NDF}_N)^{0.667}] \text{ (Weiss et al., 1992)}$$

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อาหารสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากสัตว์ เช่น โปรตีนจากสัตว์ซึ่งจะไม่มีส่วนของ Structural carbohydrates แต่จะมีส่วนของ Neutral detergent insoluble residue แต่ไม่ใช่เป็นส่วนของ Cellulose, Hemicellulose หรือ Lignin ดังนั้นสมการข้างต้นจะใช้ไม่ได้ในกรณีนี้ ต้องใช้สมการดังนี้

$$\text{TDN}_{1X} = (\text{CPdigest} \times \text{CP}) + (\text{FA} \times 2.25) + 0.98(100 - \text{CP} - \text{Ash} - \text{EE}) - 7$$

เมื่อ CPdigest = Estimate true digestibility of CP (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8 True digestibility coefficients of CP used to estimate TDN_{1X} values of animal-based feedstuffs (NRC, 2001)

Feedstuff	True digestibility
Blood meal, batch dried	0.75
Blood meal, ring dried	0.86
Hydrolyzed feather meal	0.78
Hydrolyzed feather meal with viscera	0.81
Fish meal (Menhaden)	0.94
Fish meal (Anchovy)	0.95
Meat and bone meal	0.80
Meat meal	0.92
Whey	1.00

เช่นเดียวกันกับกรณีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ ถ้าเป็นอาหารสัตว์ จำพวกไขมันจะคำนวณค่า TDN_{1X} จากการวัดค่า Fatty acid digestibility ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 True digestibilities at maintenance (assumed 8% increase in digestibility compared with 3X maintenance) of fatty acids from various fat sources (NRC, 2001)

Fat	Fat type	True digestibility
Calcium salts of fatty acids	Fatty acids	0.86
Hydrolyzed tallow fatty acids	Fatty acids	0.79
Partially hydrogenated tallow	Fat plus glycerol	0.43
Tallow	Fat plus glycerol	0.68
Vegetable oil	Fat plus glycerol	0.86

สำหรับแหล่งไขมันที่มีองค์ประกอบของ Glycerol :

$$\text{TDN}_{1X} (\%) = (\text{EE} \times 0.1) + [\text{Fadigest} \times (\text{EE} \times 0.9) \times 2.25]$$

สำหรับแหล่งไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol :

$$\text{TDN}_{1X} = (\text{EE} \times \text{FAdigest}) \times 2.25$$

2.4.2.3.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)

2.4.2.3.2.1 การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ

Maintenance

Crampton et al. (1957) และ Swift (1957) คำนวณค่า GE value of TDN เท่ากับ 4.409 Mcal/kg อย่างไรก็ตามโภชนะแต่ละชนิดในอาหารมีค่า Heat of combustion ที่แตกต่างกัน เช่น 4.2 Mcal/kg for carbohydrate, 5.6 Mcal/kg for CP, 9.4 Mcal/kg for fatty acid และ 4.3 Mcal/kg for glycerol (Manynard et al., 1979)

จากการที่ GE value of TDN ในอาหารแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ใน TDN จะมีค่า GE value of TDN มากกว่า 4.409 Mcal/kg ในทางกลับกันอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ใน TDN จะมีค่า GE value of TDN น้อยกว่า 4.409 Mcal/kg ดังนั้นการคำนวณค่า DE จาก $0.4409 \times \text{TDN} (\%)$ ตามที่แนะนำไว้ใน NRC (1989) นั้น ปัจจุบันได้ยกเลิกแล้ว NRC (2001) ได้พัฒนาการคำนวณค่า DE โดยคำนวณจาก Estimated digestible nutrient concentration คูณด้วย Heat of combustion ของโภชนะต่าง ๆ ใช้ค่า True digestibility ดังนั้นต้องใช้ค่า Metabolic fecal energy มาทำการปรับเมื่อต้องการคำนวณค่า DE จาก TDN โดยทั่วไปค่า Heat

of combustion ของ Metabolic fecal TDN จะประมาณเท่ากับ 4.4 Mcal/kg ดังนั้น
Metabolic fecal DE = $7 \times 0.044 = 0.3$ Mcal/kg

ดังนั้นสามารถคำนวณ DE_{1x}

สำหรับอาหารทั่ว ๆ ไป

$$DE_{1x} \text{ (Kcal/kgDM)} = \frac{[(tdNFC/100) \times 4.2] + [(tdNDF/100) \times 4.2] + [(tdCP/100) \times 5.6] + [(FA/100) \times 9.4] - 0.3}{1}$$

สำหรับอาหารโปรตีนจากสัตว์

$$DE_{1x} \text{ (Kcal/kgDM)} = \frac{[(tdNFC/100) \times 4.2] + [(tdCP/100) \times 5.6] + [(FA/100) \times 9.4] - 0.3}{1}$$

สำหรับอาหารไขมันที่มีองค์ประกอบของ Glycerol

$$DE_{1x} \text{ (Kcal/kgDM)} = [9.4 \times (FAdigest \times 0.9 \times (EE/100))] + [4.3 \times 0.1 \times (EE/100)]$$

สำหรับอาหารไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol

$$DE_{1x} \text{ (Kcal/kgDM)} = [9.4 \times (FAdigest \times 0.9 \times (EE/100))]$$

tdNFC, tdNDF, tdCP และ FA มีหน่วยเป็น %

2.4.2.3.2.2 การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ

Actual intake

การย่อยได้อาหารของโคนมจะลดลงเมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้น (Tyrell and Moe, 1975) ซึ่งจะมีผลให้ค่าพลังงานของอาหารนั้น ๆ ลดลงเมื่อการกินได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในโครีดนมที่ให้น้ำนมมาก ๆ อย่างเช่นในปัจจุบัน ซึ่งอาจกินอาหารได้มากถึง 4 เท่าของการกินได้ที่ระดับ Maintenance การลดลงของ Digestibility เมื่อ Intake เพิ่มขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับ Digestibility of diet at maintenance (Wagner and Loosli, 1967) เมื่อการกินได้

อาหารเพิ่มขึ้น อาหารที่มีค่า Digestibility at maintenance สูง จะมีอัตราการลดลงของ Digestibility มากกว่าอาหารที่มีค่า Digestibility at maintenance ต่ำ NRC (1989) ใช้ค่าคงที่ 4% ในการปรับ Energy value at 1X to 3X maintenance ถ้าใช้วิธีการเดิมนี้นี้ในการคำนวณ อาหารที่ 75%TDN_{1X}, จะมีค่า discount 3%/unit multiple of 1X ในขณะที่มี 60%TDN_{1X} จะมีค่า Discount เท่ากับ 2.4% ถ้าอาหารมีค่า TDN_{1X} เท่ากับ หรือ น้อยกว่า 60% ค่า Discount จะมีค่าค่อนข้างน้อย NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้ในการคำนวณ %Discount

$$\text{TDN percentage unit decline} = 0.18\text{TDN}_{1X} - 10.3 \quad (r^2 = 0.85)$$

ทั้งนี้เนื่องจากในการคำนวณค่า ME และ NE_L ใช้ค่า DE ไม่ได้ใช้ค่า TDN ฉะนั้นการคำนวณค่า DE_p จึงต้องใช้ Discount factor เป็นตัวคูณ

$$\text{Discount} = \frac{[(\text{TDN}_{1X} - [(0.18 \times \text{TDN}_{1X}) - 10.3]) \times \text{Intake}]}{\text{TDN}_{1X}}$$

หน่วยของ TDN_{1X} เป็น % of DM และ Intake หมายถึง จำนวนเท่าของการกินได้ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการกินได้ที่ระดับ Maintenance เช่น การกินได้เท่ากับ 3X maintenance, Intake above maintenance = 2

2.4.2.3.3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME)

การประมาณ ค่า ME at production level of intake (ME_p) นั้น คำนวณจากค่า DE_p การคำนวณค่า ME จาก DE ใน NRC (1989) ใช้สมการ ME (Mcal/kg) = (1.01 × DE) – 0.45 อย่างไรก็ตามสมการดังกล่าวประเมินจากอาหารที่มีไขมันประมาณ 3% และเนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE จากไขมันเป็น ME นั้นมีค่าเกือบ 100% (Andrew et al., 1991 ; Romo et al., 1996) ดังนั้นสมการข้างต้นจะประมาณค่า ME ของอาหารที่มีไขมันสูงต่ำไป NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้แทน

$$\text{ME}_p = [1.01 \times (\text{DE}_p) - 0.45] + [0.0046 \times (\text{EE} - 3)]$$

เมื่อ DE_p มีหน่วยเป็น Mcal/kg และ EE มีหน่วยเป็น % of DM

ME_p ของอาหารที่มีไขมันมากกว่า 3% จะเพิ่มขึ้น 0.0046 ทุก ๆ % unit increase in EE above 3% ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับ หรือน้อยกว่า 3% ให้ใช้สมการเดิมที่แนะนำใน NRC (1989)

$$\text{สำหรับ Fat supplements, ME}_p \text{ (Mcal/kg)} = \text{DE}_p \text{ (Mcal/kg)}$$

2.4.2.3.4 พลังงานสุทธิ (Net energy , NE_L)

เป็นพลังงานที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้จริงเพื่อการดำรงชีพ และการให้ผลผลิตต่างๆ ซึ่งเป็นพลังงานที่ได้จากการหักส่วนที่สูญเสียในรูปแบบต่างๆ ทั้งหมดรวมถึงการสูญเสียในกระบวนการเผาผลาญในร่างกายในรูปความร้อน (Heat Increment, HI) ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (Net energy for maintenance) พลังงานสุทธิเพื่อการเจริญเติบโต (Net energy for growth) พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (Net energy for lactation) โดยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (NRC, 2001)

2.4.2.3.4.1 NE at actual intake (การประมาณค่า NE_L ของอาหารสัตว์ที่ระดับ actual intake)

NRC (1989) ใช้สมการ $\text{NE}_L \text{ (Mcal/kg)} = 0.0245 \times (\% \text{TDN}) - 0.12$ ในการประมาณค่า NE_L สมการนี้ได้วิจารณ์อย่างมาก เพราะถ้าอาหารมี TDN 40% ($\text{DE} = 1.76 \text{ Mcal/kg}$) จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE เป็น NE_L เท่ากับ 0.49 แต่ถ้าอาหารมี TDN 90% ($\text{DE} = 3.97 \text{ Mcal/kg}$) ประสิทธิภาพจะเป็น 0.53 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การประมาณค่า NE_{LP} จาก ME_p, NRC (2001) เลือกใช้สมการที่เสนอโดย Moe and Tyrell (1972) แทนสมการเดิมที่ได้แนะนำไว้ใน NRC (1989)

$$\text{NE}_{LP} \text{ (Mcal/kg)} = [0.703 \times \text{ME}_p \text{ (Mcal/kg)}] - 0.19 \text{ (Moe and Tyrell, 1972)}$$

สมการนี้ใช้ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ถ้าอาหารมีไขมันมากกว่า 3% จะต้องทำการปรับค่า Metabolic efficiency of fat โดยทั่วไปแล้ว ประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 (Andrew et al., 1991 ; Romo et al., 1996) เช่นเดียวกับการปรับค่า ME_p ของไขมันที่กล่าวมาแล้ว เพื่อชดเชยการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะได้เท่ากับ $[(0.097 \times$

$ME_p) + 0.19]/97$ ในการเพิ่ม NE_L ต่อ %Unit increase in feed EE content above 3%
จะนั้นสมการที่ใช้คือ

$$NE_{LP} \text{ (Mcal/kg)} = [0.703 \times ME_p - 0.19 + [(0.097 \times ME_p + 0.19)/97] \times [EE - 3]]$$

เมื่อ ME_p มีหน่วยเป็น Mcal/kg และ EE เป็น % of DM
และถ้าใช้ Fat supplement

$$NE_{LP} \text{ (Mcal/kg)} = 0.8 \times ME_p \text{ (Mcal/kg)}$$

2.4.2.3.4.2 NE for maintenance and gain (ก า ร

ประมาณค่า Net energy of feeds for maintenance and gain)

สมการในการประมาณค่า NE_M และ NE_G จะใช้สมการที่เสนอโดย Garrett (1980) สำหรับโคเนื้อที่แนะนำไว้ใน NRC (1996) NE_M และ NE_G ในอาหารนี้เป็นการประมาณที่ระดับการกินได้ อาหาร 3X maintenance และคำนวณค่า ME เพื่อใช้ในสมการจากการคูณ DE_{1X} ด้วย 0.82 แทนค่า ME ตามสมการข้างล่างก็จะได้ค่า NE_M และ NE_G

$$\begin{aligned} NE_M \text{ (Kcal/kgDM)} &= 1.37 ME - 0.138 ME^2 + 0.0105 ME^3 - 1.12 \\ NE_G \text{ (Kcal/kgDM)} &= 1.42 ME - 0.174 ME^2 + 0.0122 ME^3 - 1.65 \end{aligned}$$

เมื่อ ME, NE_M และ NE_G มีหน่วยเป็น Mcal/kg

อย่างไรก็ตาม สมการข้างต้นไม่เหมาะสำหรับใช้คำนวณค่า NE_M และ NE_G ของ Fat supplements ควรใช้ $ME_p = DE_p$ และใช้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME เป็น NE_L เท่ากับ 0.80 เพื่อเปลี่ยน ME เป็น NE_M แต่ในการเปลี่ยน ME เป็น NE_G ใช้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเท่ากับ 0.55

2.4.3 ความต้องการพลังงาน (Energy requirement) ของโคนม

ในสัตว์ทุกชนิดรวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความต้องการพลังงานระดับหนึ่ง เพื่อดำรงชีพ (Requirement for maintenance) เพื่อก่อเจริญเติบโต (Requirement for growth) เพื่อสร้างผลผลิต (Requirement for production) และเพื่อการสืบพันธุ์ (Requirement for pregnancy)

พลังงานที่เราจะกล่าวกันในบทนี้จะเน้นถึงพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ที่สัตว์ต้องการเพื่อการดังกล่าวข้างต้น

NRC (2001) ได้ทำการรวบรวมสมการที่ใช้ในการคำนวณความต้องการพลังงานในรูปของ NE ทั้งหมดต่อวัน (NE/day) ไว้ดังนี้

$$\text{เมื่อ } NE_{LR} = NE_{LM} + NE_{LG} + NE_{LL}$$

โดย	NE_{LR} (Mcal/kg)	=	Net energy for lactation requirement
	NE_{LM} (Mcal/kg)	=	Net energy for lactation requirement for maintenance
	NE_{LG} (Mcal/kg)	=	Net energy for lactation requirement for growth
	NE_{LL} (Mcal/kg)	=	Net energy for lactation requirement for lactation

2.4.3.1 Net energy for lactation requirement for maintenance

$$NE_{LM} \text{ (Mcal/kg)} = 0.08 \times (\text{Live Weight})^{0.75}$$

2.4.3.2 Net energy for lactation requirement for growth

$$NE_{LG} \text{ (Mcal/kg gain)} = \text{Reserve Energy} \times (0.64/0.75)$$

$$NE_{LG} \text{ (Mcal/kg loss)} = \text{Reserve Energy} \times 0.8$$

Reserve energy = (Proportion of empty body fat x 9.4) + (Proportion of empty body protein x 5.5)

$$\text{Proportion of empty body fat} = 0.037683 \times \text{BCS}(9)$$

$$\text{Proportion of empty body protein} = 0.200886 - [0.0066762 \times \text{BCS}(9)]$$

$$\text{BCS}(9) = ((\text{Dairy BCS} - 1) \times 2) + 1$$

2.4.3.3 Net energy for lactation requirement for lactation

$$NE_{LL} \text{ (Mcal/kg Milk)} = [0.0929 \times \text{Fat}\%] + [0.0547 \times \text{Crude Protein}\%] + [0.0395 \times \text{Lactose}\%] \text{ หรือ}$$

$$= [0.0929 \times \text{Fat}\%] + [0.0547 \times \text{Crude Protein}\%] + 0.192 \text{ หรือ}$$

$$= 0.360 + [0.0969(\text{Fat}\%)]$$

2.4.4 การคำนวณความต้องการโปรตีน (Protein requirement) ของโคนม

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการโปรตีนเพื่อเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกาย และเพื่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตในรูปของเนื้อและนม ความต้องการโปรตีนเพื่อการต่างๆ มีลักษณะคล้ายกับความต้องการพลังงาน คือ ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต และความต้องการโปรตีนเพื่อการให้นม

NRC (2001) ได้ทำการรวบรวมสมการที่ใช้ในการคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ MP ทั้งหมดต่อวัน (g/day) ไว้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{โดย } MP_R &= MP_M + MP_G + MP_L \\ MP_R(\text{g/d}) &= \text{Metabolizable protein requirement} \\ MP_M(\text{g/d}) &= \text{Metabolizable protein requirement for maintenance} \\ MP_G(\text{g/d}) &= \text{Metabolizable protein requirement for growth} \\ MP_L(\text{g/d}) &= \text{Metabolizable protein requirement for lactation} \end{aligned}$$

2.4.4.1 Metabolizable protein requirement for maintenance

$$\begin{aligned} MP_M(\text{g/d}) &= MP_U + MP_{sh} + MP_{MFP} \\ MP_U &= UPN/0.67 \\ UPN &= 2.75 \times (\text{Live Weight})^{0.50} \\ MP_{sh} &= SPN/0.67 \\ SPN &= 0.2 \times (\text{Live Weight})^{0.60} \\ MP_{MFP} &= MFP - (\text{bacteria} + \text{bacterial debris in cecum, large intestine} + \text{keratinized cell} + \text{others}) \\ MFP &= 30 \times \text{Dry Matter Intake (kg)} \\ MP_{MFP} &= [(DMI(\text{kg}) \times 30) - 0.50 \times ((\text{Bact MP}/0.8) - \text{Bact MP})] + \text{Endo MP}/0.67 \\ MP_{\text{Endo}} &= 0.4 \times 1.9 \times DMI(\text{kg}) \times 6.25 \\ \text{Bact MP} &= 0.64 \text{ MCP} \\ MCP &= 0.85 \text{ gRDP}_{\text{req}} \\ \text{RDP}_{\text{req}} &= 0.15294 \times \text{TDN}_{\text{Actual}} \\ \text{TDN}_{\text{ActTotal}} &= DMI(\text{kg}) \times \% \text{TDN}_{1X} \times 1000 \end{aligned}$$

2.4.4.2 Metabolizable protein requirement for growth

$$\begin{aligned} \text{โดย } MP_G(\text{g/d}) &= NP_g / \text{EffMP_NP}_g \\ NP_g &= \text{SWG} \times (268 - (29.4 \times (\text{RE}/\text{SWG}))) \\ RE(\text{Mcal}) &= 0.0635 \times \text{EQEBW}^{0.75} \times \text{EQEBG}^{1.097} \\ \text{EQEBW} &= 0.891 \times \text{EQSBW} \\ \text{EQEBG} &= 0.956 \times \text{SWG} \\ \text{EQSBW} &= \text{SBW} \times (478/\text{MSBW}) \\ \text{SBW} &= 0.96 \times \text{BW} \\ \text{MSBW} &= 500 \text{ kg (โคนมลูกผสม Holstein Friesian ในประเทศไทย)} \\ \text{SWG} &= \text{Shrunk weight gain} \\ &= 13.91 \times (\text{NEGrowthDiet})^{0.9116} \times \text{EQSBW}^{-0.6837} \\ \text{SBW} &= 0.96 \text{ BW} \\ \text{EffMP_NP}_g &= (83.4 - (0.114 \times \text{EQSBW}))/100 \text{ เมื่อ } \text{EQSBW} < 478 \text{ kg} \\ \text{และ } \text{EffMP_NP}_g &= 0.28908 \text{ เมื่อ } \text{EQSBW} > 478 \text{ kg} \end{aligned}$$

2.4.4.3 Metabolizable protein requirement for lactation

$$\begin{aligned}
 \text{MP}_L(\text{g/d}) &= (\text{Y}_{\text{protein}}/0.67) \times 1000 \\
 \text{Y}_{\text{protn}}(\text{kg/d}) &= \text{milk production}(\text{kg/d}) \times (\text{milk true protein}/100) \\
 \text{จาก } \text{MP}_R &= \text{MP}_M + \text{MP}_G + \text{MP}_{La} \\
 \text{MP}_{\text{req}} &= \text{MP}_{\text{Bact}} + \text{MP}_{\text{End}} + \text{MP}_{\text{RUP}} \\
 \text{ดังนั้น } \text{MP}_{\text{RUP}} &= \text{MP}_{\text{req}} - (\text{MP}_{\text{Bact}} + \text{MP}_{\text{Endo}})
 \end{aligned}$$

RUP จะถูกย่อยสลาย (Digestible ruminally undegradable protein, Total digest RUP) ประมาณ 80% ของ RUP และมีประสิทธิภาพในการดูดซึมเพื่อการดำรงชีพและเพื่อการให้น้ำนมเท่ากับ 66%

$$\begin{aligned}
 0.8 \text{ RUP}_{\text{req}} &= \text{Total digest RUP} \\
 0.66 \times \text{total digest RUP} &= \text{MP}_{\text{RUP}} \\
 \text{ดังนั้น } \text{total digest RUP} &= \text{MP}_{\text{RUP}}/0.66 = 0.8 \text{ RUP}_{\text{req}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{นั่นคือ } \text{CP}_{\text{req}} &= \text{RDP}_{\text{req}} + \text{RUP}_{\text{req}} \\
 \text{ซึ่งในอาหาร } \text{RDP}_{\text{sup}} &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \text{CP_RDP} \\
 \text{CP_RDP} &= \text{dg} \\
 \text{RUP}_{\text{sup}} &= \text{CPTotal} - \text{RDP}_{\text{sup}} \\
 \text{CP Total} &= \text{RDP}_{\text{sup}} + \text{RUP}_{\text{sup}}
 \end{aligned}$$

NRC (2001) ได้แสดงสมการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{RDP} &= A + B[k_d/(k_d+k_p)] \\
 \text{RUP} &= B[k_p/(k_d+k_p)] + C \\
 \text{โดยที่ } A &= \text{เปอร์เซ็นต์ของ Crude protein ที่ประกอบด้วย NPN และ True protein ที่หลุดออกจาก Nylon bag เนื่องจากมีความสามารถในการละลายได้สูง และย่อยได้ในกระเพาะจริง} \\
 B &= \text{โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายทันทีแต่ถ้าปล่อยให้อยู่ในกระเพาะหมักอีกจะสามารถย่อยสลายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลาย (k_d) และอัตราการไหลผ่าน (Passage rate, k_p)} \\
 C &= \text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก} \\
 k_d &= \text{อัตราการย่อยสลายของโปรตีนในส่วน B (\%hr)} \\
 k_p &= \text{อัตราการไหลผ่านออกจากกระเพาะหมัก (\%hr)} \\
 \text{นั่นคือ Crude protein} &= \text{ประกอบไปด้วย fraction } A + B + C
 \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตาม fraction B ยังต้องประเมินค่า k_d และ k_p ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารด้วย

เช่น	อาหารหยาบเปียกหรือสด	k_p	=	$3.054 + 0.614X_1$
		X_1	=	DMI, % of BW
	แต่ถ้าเป็น Dry Roughage	k_p	=	$3.362 + 0.479X_1 - 0.007X_2 - 0.017X_3$
		X_2	=	Concentrate (%of diet)
		X_3	=	NDF (% of DM)

2.5 ผลผลิตของน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

2.5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

การให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมหลังคลอด ในช่วงแรกโคจะให้ผลผลิตน้ำนมไม่สูง และจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่สูงสุด (Peak of lactation) ซึ่งจะมีระยะเวลาประมาณ 3 – 6 สัปดาห์ แต่โคที่ให้นมมากจะมีระดับสูงสุคนานกว่านี้ จากนั้นปริมาณน้ำนมจะลดลงอย่างช้าๆ อัตราการลดลงของน้ำนมจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้นมทน (Persistency) ของโคแต่ละตัว (ชวนิศนดากร, 2534) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพันธุกรรม การเลี้ยงดูและการให้อาหารด้วย โดยปกติระยะเวลาการให้นมของโคประมาณ 305 วัน และมีระยะเวลาการพักการให้นม (Dry period) ประมาณ 60 วัน องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม จะเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการให้นม ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำนม คือ โคที่ให้นมลดลงแต่คุณภาพน้ำนมจะสูงขึ้น โดยที่เปอร์เซ็นต์ไขมันจะเปลี่ยนแปลงมาก เปอร์เซ็นต์โปรตีนจะเปลี่ยนแปลงตามไขมัน เปอร์เซ็นต์แลคโตสในน้ำนมค่อนข้างคงที่ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งพร้อมไขมันสูงขึ้นกับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่

2.5.1.1 ปัจจัยทางสรีระวิทยา

เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนม ซึ่งมีทั้งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรมและไม่เกี่ยวข้องับลักษณะทางพันธุกรรม

2.5.1.1.1 ลักษณะทางพันธุกรรม โดยที่โคที่มีพันธุกรรมต่างกันจะมีผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมต่างกัน เช่น โคนมพันธุ์โฮลส์ไตส์ฟรีเซียน จะให้ปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคนมพันธุ์เจอร์ซี่ ประมาณ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมต่ำกว่า

2.5.1.1.2 อายุ โคสาวจะสามารถเริ่มให้น้ำนมได้เมื่ออายุประมาณ 2 – 3 ปี ซึ่งร่างกายยังไม่โตเต็มที่ ทั้งนี้รวมไปถึงอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำนมด้วย ดังนั้น

ปริมาณน้ำนมที่โคสาวให้จะต่ำกว่าโคที่เจริญเติบโตมากกว่า เมื่อโคให้นมครั้งต่อไป ขนาดของโคใหญ่ขึ้น อวัยวะต่างๆ เจริญขึ้น โคจะให้นมมากขึ้นตามลำดับ จนกว่าจะโตเต็มที่เมื่ออายุประมาณ 6 ปี การให้นมของโคจะสูงสุดเมื่อมีอายุประมาณ 6 – 7 ปี จากนั้นปริมาณน้ำนมจะลดลงเรื่อยๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมัน และของแข็งพร่องไขมัน (SNF) ในน้ำนมลดลง

2.5.1.1.3 วงรอบของการเป็นสัด และการตั้งท้อง ในขณะที่โคแสดงการเป็นสัด จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมน และปริมาณการกินได้ของโคลดลง หลังจากนั้นผลผลิตน้ำนมจะคืนสู่สภาพปกติ ในโคที่ตั้งท้องจะไม่ผลกระทบต่อคุณภาพน้ำนม โคที่ตั้งท้องในระยะแรกๆ ไม่ต้องการใช้อาหารในการตั้งท้องมาก แต่เมื่อการตั้งท้องอยู่ในระยะปลายใกล้คลอดจะมีเอมไซม์ ออกซิโทซิน (Oxytocinase) มากขึ้น และจะไปทำลายฮอร์โมนออกซิโทซิน โดยเป็นตัวกระตุ้นการปล่อยฮอร์โมนโปรแลคตินจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (วิศิษฐ์พร, 2542) โดยเฉพาะก่อนคลอดประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นผลให้โคลดปริมาณน้ำนม

2.5.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

2.5.2.1 อุณหภูมิและความชื้นมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตน้ำนมมาก อากาศร้อนจะทำให้โคให้นมลดลงเพราะโคกินอาหารได้ลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงโคคือ 4.4– 23.9 องศาเซลเซียส ถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า 4.4 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม แต่โคมีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้น และถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า -15 องศาเซลเซียส จะมีผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง แต่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจะสูงขึ้น และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 23.9 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงมาก แต่การลดลงของปริมาณน้ำนมมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมสูงขึ้น ส่วนกับการกินน้ำ อุณหภูมิของร่างกาย และอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น

2.5.2.2 ฤดูกาล มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม โดยปกติโคจะกินอาหารได้มากเมื่อมีอากาศหนาวเย็น และจะให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ฤดูฝนเป็นเวลาที่โคจะให้ผลผลิตนมมากกว่าฤดูกาลอื่นๆ เพราะโคจะได้รับอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ซึ่งเป็นผลทางอ้อมในการให้นมและมีอากาศเย็น ส่วนในฤดูร้อนโคจะให้มน้อยลง

2.5.2.3 ระยะพักการให้นม (Dry period) จะทำให้สุขภาพของโคเมื่อคลอดลูกสมบูรณ์ และทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้สูงสุด โดยโคจะใช้อาหารที่สะสมไว้ในร่างกายมา สร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนม โคควรมีระยะพักการให้นมไม่เกิน 60 วัน ถ้าโคนมีระยะพักนานเกินไป จะมีผลให้ผลผลิตน้ำนมทั้งหมดลดลง แต่ถ้ามีระยะพักการให้นมน้อยเกินไป ก็ทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงเช่นกัน

2.6 การเกิดโรค Rumen acidosis

2.6.1 โรค Rumen acidosis

โรค Rumen acidosis เป็นโรคที่เกิดจากการที่โคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณมากเกินไปจนความต้องการหรือได้รับเยื่อใยในปริมาณที่น้อยเกินไป ซึ่งจะแสดงลักษณะอาการของโรค แบ่งเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ Acute acidosis และ Subacute acidosis โดย Acute acidosis จะแสดงอาการอย่างรุนแรงและเฉียบพลัน ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเดินของหัวใจต่ำ เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง และอาจทำให้โคนมตายได้ในทันที ในส่วนของ Subacute Rumen acidosis นั้นจะแสดงอาการแบบค่อยเป็นค่อยไป (Hutjens, 1996) นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้เกิดโรคอื่น ๆ ตามมาอีกด้วย เช่น โรคท้องอืด (Bloat), โรคกีบเน่า (Laminitis) เป็นต้น การแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis สามารถแบ่งโดยใช้ระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักเป็นเกณฑ์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis โดยใช้ระดับของค่า pH เป็นเกณฑ์

ลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis	ระดับค่า pH ของกระเพาะหมัก	แหล่งข้อมูล
Acute	< 5.0	Hibbard et al., 1995
Subacute	5.0 – 5.5	
Acute	<5.0	Nocek, 1997
Subacute	5.0 – 5.5	
Acute	<5.0	Beauchemin, 2000
Subacute	5.0 – 5.8	
Acute	<5.0	Stone, 2000
Subacute	5.0 – 5.8	

จากตารางที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า การแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis สามารถแบ่งได้ตามระดับของค่า pH ที่วัดภายในกระเพาะหมัก จากแหล่งข้อมูลจะเห็นว่าระดับของค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.0 นั้นจะแสดงอาการ Acute acidosis และระดับของค่า pH ที่อยู่ระหว่าง 5.0 – 5.8 นั้นจะแสดงอาการ Subacute acidosis

2.6.2 ระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักที่ส่งผลต่ออัตราการผลิต Volatile fatty acid (VFAs)

เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักลดลงก็จะส่งผลต่ออัตราการผลิต Volatile fatty acid (VFA_s) ซึ่ง VFA_s เป็นผลผลิตจากการย่อยของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก (Rumen) เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานสำหรับโคนม เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต (Maintenance) และการให้ผลผลิตน้ำนม (Milk production) (Hutjens, 1996) ซึ่ง VFA_s จะประกอบไปด้วย Acetate , Propionate และ Butyrate ซึ่งจะเป็นผลผลิตที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย เมื่อระดับของค่า pH ลดลง ก็จะส่งผลต่อปริมาณของ Acetate และ Propionate ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงอัตราการผลิต VFA_s เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมัก ลดต่ำกว่า 5.9

ระดับของค่า pH ใน rumen	VFA _s		Acetate/ Propionate	แหล่งข้อมูล
	Acetate	Propionate		
5.9-6.2 <5.9	68.9±0.54 ^a 43.5±0.24 ^a	25±0.85 ^b 53.6±0.47 ^a	2.76 0.81	Seal and Parker, 1994
5.9-6.2 <5.9	69 ^a 45 ^a	21 ^b 46 ^a	3.28 0.97	Hurley, 1998
5.9-6.2 <5.9	89.9±0.36 ^a 54.6±0.35 ^a	38.1±0.24 ^b 62.8±0.39 ^a	2.36 0.87	Garrett et al., 1999
5.9-6.2 <5.9	59.8 ^a 53.6 ^a	25.9 ^b 30.6 ^b	2.31 1.75	The Pennsylvania State University, 2001

a,b,c แตกต่างทางสถิติในระดับ P<0.05

จากตารางที่ 2.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักลดลงหรือก็คือ โคนมเกิดโรค Rumen acidosis ก็จะส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตของ Acetate และ Propionate แตกต่างออกไปจากระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักที่ปกติ ผลผลิตของ Acetate และ Propionate ในการทำงานโดยปกติจะต้องมีอัตราส่วนระหว่าง Acetate : Propionate ในอัตราส่วนที่มากกว่า 2.2 : 1 (Hutjens, 1996) จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของโคที่มีระดับของ pH ภายในกระเพาะหมักต่ำกว่า 5.9 นั้น จะมีอัตราส่วนระหว่าง Acetate : Propionate ในอัตราส่วนที่ต่ำกว่า

2.2 : 1 ซึ่งถ้าหากปริมาณของ Acetate มาก ก็จะแสดงว่า โคนมได้รับอาหารประเภทเชื้อไขในปริมาณมาก และจะไม่แสดงอาการของโรค Rumen acidosis แต่ถ้าหากปริมาณของ Propionate มาก แสดงว่าโคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณมาก ดังนั้นกลุ่มของโคที่มีระดับของ pH ภายในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 5.9 นั้น แสดงให้เห็นว่าโคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปจนเกินความต้องการ จึงแสดงอาการของโรค Rumen acidosis

2.6.3 ผลของการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีต่อคุณภาพผลผลิตน้ำนมของโค

โรค Rumen acidosis จะส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตน้ำนมของโค เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen Acidosis ก็จะส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตของน้ำนมประมาณ 40 – 150 วันหรือนานกว่านั้น (Hutjens, 1996) โดยจะส่งผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนม และปริมาณโปรตีนในน้ำนม ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีผลต่อส่วนประกอบในน้ำนมของโค

การเกิดโรค Rumen acidosis	ส่วนประกอบในน้ำนม (%)		แหล่งข้อมูล
	ไขมัน	โปรตีน	
ปกติ เกิดโรค	3.6 ± 0.24^a	3.2 ± 0.69^a	Hutjens, 1996
	2.6 ± 0.35^b	2.7 ± 0.75^b	
ปกติ เกิดโรค	3.5^a	3.28^a	Nocek, 1997
	2.6^b	2.90^b	
ปกติ เกิดโรค	3.7 ± 0.26^a	3.15 ± 0.19^a	Stone, 2000
	2.7 ± 0.85^b	2.9 ± 0.27^b	

จากตารางที่ 2.12 จะเห็นได้ว่า เมื่อเกิดโรค Rumen acidosis นั้นจะส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตน้ำนม โดยจะมีผลต่อปริมาณไขมันและโปรตีนในน้ำนม จากแหล่งข้อมูลจะเห็นได้ว่าในกลุ่มของโคปกติและโคที่เป็นโรค Rumen acidosis จะมีส่วนประกอบของน้ำนมทั้งปริมาณของโปรตีนและไขมันในน้ำนม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพบว่า เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen acidosis นั้นจะทำให้ปริมาณของโปรตีนและไขมันในน้ำนมลดต่ำลงมาก ซึ่งจะทำให้ผลตอบแทนที่ได้จากการขายน้ำนมลดลง เนื่องจากราคาน้ำนมจะถูกกำหนดโดยปริมาณไขมันในน้ำนม

2.6.4 แนวทางการแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis

การแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis สามารถทำได้โดยการปรับสภาพความสมดุลภายในกระเพาะหมัก (Rumen) เมื่อกระเพาะหมัก (Rumen) มีระดับของค่า pH ลดต่ำลง จนทำให้เกิดโรค Rumen acidosis นั้น ก็สามารถที่จะปรับสภาพความสมดุลภายในกระเพาะหมักได้ โดยการเสริม Buffer เข้าไปในสูตรอาหาร เนื่องจาก บัฟเฟอร์ที่อยู่ในน้ำลายจะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความสมดุลภายในกระเพาะหมัก ซึ่งบัฟเฟอร์ที่จะนำมาใช้ผสมในสูตรอาหารนั้น ก็มักจะใช้ NaHCO_3 (Rice and Grant, 1996) การปรับสภาพความสมดุลภายในกระเพาะหมักโดยใช้ NaHCO_3 จะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 แสดงให้เห็นถึงการปรับค่าของ pH ภายในกระเพาะหมักให้สมดุลโดยใช้ NaHCO_3 ผสมในสูตรอาหาร

ปริมาณของ NaHCO_3 (%)	ระดับของค่า pH		แหล่งข้อมูล
	ก่อนปรับ	หลังปรับ	
0.75	5.87 ^a	6.23 ^b	Zinn, 1991
1.00	5.8±0.31 ^a	6.2±0.89 ^b	Thomas and Hall, 1984
	5.4±0.25 ^a	5.9±0.12 ^b	Stroud et al., 1985
2.00	5.1±0.78 ^a	5.9±0.34 ^b	Ha et al., 1983
	5.7±0.19 ^a	5.9±0.66 ^a	Hart and Doyle, 1985

a,b แตกต่างทางสถิติในระดับ $P < 0.05$

จากตารางที่ 2.13 จะเห็นได้ว่า การใช้ NaHCO_3 ในปริมาณ 0.75 , 1.00 และ 2.00 % สามารถที่จะปรับสภาพความสมดุลของกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักให้อยู่ในสภาพที่ปกติได้ด้วยเหตุนี้เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen acidosis ก็สามารถที่จะเสริม NaHCO_3 เข้าไปในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงโคนม เพื่อที่จะปรับสภาพภายในกระเพาะหมัก (Rumen) ให้เป็นปกติ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาเบื้องต้น คือ การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก และการศึกษาการทดลองย่อย 3 การทดลอง กล่าวคือ การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก, การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน, การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก และการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก ซึ่งในแต่ละการทดลองมีวิธีการดำเนินการวิจัยผันแปรตามวัตถุประสงค์ของแต่ละการทดลอง โดยรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยจะระบุไว้ในแต่ละการทดลองตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาเบื้องต้น ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก โดยมีวิธีการดังนี้คือ

- 3.1.1 ทำการสุ่มตัวอย่างต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมัก และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 3.1.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่ทำการสุ่มออกมา
- 3.1.3 ศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

3.2 การทดลองที่ 1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยมีวิธีการดังนี้คือ

3.2.1 ทำการหมักต้นอ้อยอายุ 6 เดือน และเก็บรักษาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

3.2.2 เมื่อทำการหมักครบตามระยะเวลา คือ 1, 2, 3 และ 4 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างต้น

อ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ในแต่ละระยะเวลามาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ Volatile fatty acids (VFAs)

3.3 การทดลองที่ 2 การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสม โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก โดยมีวิธีการดังนี้คือ

3.3.1 นำต้นอ้อยอายุ 6 เดือนมาทำการหมักภายในหลุมหมักขนาดใหญ่ให้มีปริมาณเพียงพอ เพื่อใช้สำหรับเลี้ยงโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง

3.3.2 บันทึกผลผลิตน้ำนม การกินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนม เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทำการศึกษการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen degradable) โดยใช้ถุงไนลอน (Ørskov et al., 1980)

3.4 การทดลองที่ 3 การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก

3.4.1 เก็บตัวอย่างของเหลว (Rumen fluid) ในกระเพาะหมักจากโคเจาะกระเพาะ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่าง โดยจะเก็บที่ชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 หลังการกินอาหารมื้อเช้า

3.4.2 นำตัวอย่างของเหลวที่เก็บไว้ในแต่ละชั่วโมงไปวัดค่าความเป็นกรดค่า (Rumen pH) และนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids)

3.5 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.6 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2547

บทที่ 4

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้น อ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ จึงทำให้ประชากรโคนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการอาหารของโคนมภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบ (Roughage) การปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศนั้นกระทำได้น้อยลงเนื่องจากพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่ออุตสาหกรรม ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจึงประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง อ้อยถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์ของการปลูกเพื่อนำมาผลิตน้ำตาลทรายเป็นหลัก พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจาก รัฐบาลมีมาตรการดำเนินการช่วยเหลือทางการเงินผ่านทางธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) เพื่อสนับสนุนการปลูกอ้อยของเกษตรกร (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2545) จึงส่งผลทำให้เกษตรกรหันมาปลูกอ้อยเป็นจำนวนมาก แต่ปริมาณความต้องการบริโภคน้ำตาลทั้งในประเทศและต่างประเทศ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้นในแต่ละปี จึงส่งผลทำให้โรงงานน้ำตาลไม่สามารถรองรับต้นอ้อยจากเกษตรกรได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีต้นอ้อยเหลือจากโควตาโรงงานน้ำตาลส่วนหนึ่ง โดยพบว่าช่วงที่เกษตรกรตัดต้นอ้อยส่งโรงงานน้ำตาลนั้นเป็นช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับนำมาใช้เลี้ยงโคนม ดังนั้นถ้าหากสามารถนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมได้ ก็จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

4.1 อุปกรณ์และวิธีการ

4.1.1 ทำการสุมตัวอย่างหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) (AOAC, 1990)

4.1.2 นำตัวอย่างหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่ผ่านการอบ มาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร เพื่อศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก

4.1.3 นำตัวอย่างหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยใช้การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) โดยวิเคราะห์ดังต่อไปนี้คือ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โดยเครื่อง Hot air oven, โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto sampler analyzer), ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่องซอกเลท (Soxhlet auto analyser), เถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดยดีเทอเจน (Detergent analysis) (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (Fibertec auto analyser)

4.1.4 นำตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งที่เก็บไว้ในข้อ 4.1.2 มาศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยใช้ถุงไนลอนแช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov et al., 1980)

โดยนำตัวอย่างอาหารชนิดต่าง ๆ ที่บดไว้ และถุงไนล่อนที่มีขนาดรูพรุนของถุง 47 μm และความกว้างยาวขนาด 8x10 cm ที่ใช้ในการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นและชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์ โดยใช้ตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ประมาณ 5-6 กรัม ใส่ลงในถุงไนล่อนที่ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้แล้ว หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วมาร้อยติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 90 เซนติเมตร นำไปหย่อนในกระเพาะหมัก โดยให้สายพลาสติกอยู่ในส่วนที่ลึกที่สุดของกระเพาะหมัก ในส่วนอาหารหยาบในแต่ละถุงมีระยะเวลาการแช่อยู่ในกระเพาะหมักต่างกัน ดังนี้คือ 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยแต่ละตัวอย่างทำ 6 ซ้ำ ใช้โคเจาะกระเพาะ 6 ตัว และให้ถุงที่หย่อนในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ เมื่อแช่ถุงไนล่อนในกระเพาะหมักของโคได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะหมัก นำมาล้างเพื่อเอาเศษอาหารที่ติดจากกระเพาะหมักออก แล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบตามเวลาแล้ว นำถุงไนล่อนมาล้างในเครื่องซักผ้าโดยปล่อยน้ำล้นออกจากเครื่องซักผ้าจนน้ำใส หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 36 ชั่วโมง และนำไปชั่งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง และนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายในถุงไนล่อนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยรวมตัวอย่างจากโคตัวที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เข้าด้วยกัน จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในช่วงเวลาต่าง ๆ ของวัตถุแห้งและไนโตรเจน มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของวัตถุดิบได้ดังนี้คือ

การคำนวณอัตราการย่อยสลายโปรตีนของวัตถุดิบในกระเพาะหมัก ที่ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ กันมาคำนวณอัตราการย่อยสลายโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Ørskov and McDonald, 1979) ตามสมการดังนี้คือ

$$\begin{aligned} \text{Potential dg} &= a + b(1 - \exp^{-ct}) \\ \text{Effective dg} &= a + bc/(c+k) \\ \text{เมื่อ Potential dg} &= \text{ปริมาณที่ถูกย่อยสลายเมื่อเวลา } t \\ \text{dg} &= \text{Effective of degradability} \\ a, b, c &= \text{Constants in exponential equation} \\ k &= \text{Fractional outflow rate of digesta per hour} \end{aligned}$$

เมื่อคำนวณได้ค่า Effective dg แล้ว สามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protien, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลาย

ได้ในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) เพื่อนำไปใช้คำนวณความต้องการโปรตีนต่อไป

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาหาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปของ $\text{Mean} \pm \text{SD}$

4.3 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2547

4.5 ผลการทดลอง

4.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 พบว่า ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน, เปอร์เซ็นต์ไขมัน, เปอร์เซ็นต์ Neutral detergent insoluble protein (NDICP) และ เปอร์เซ็นต์ Acid detergent insoluble protein (ADICP) ใกล้เคียงกับหญ้าหมัก และมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ซึ่งต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, เปอร์เซ็นต์เยื่อใย, เปอร์เซ็นต์ Neutral detergent fiber (NDF), เปอร์เซ็นต์ Acid detergent fiber (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) สูงที่สุด รองลงมาคือต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหญ้าหมักตามลำดับ ในส่วนของหญ้าหมักจะมีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงที่สุด รองลงมาคือต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ตามลำดับ

4.5.2 การย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

จากการศึกษาการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน แสดงไว้ดังตารางที่ 4.2 และตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน จะมีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดยต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ($dgDM = 41.73$) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งต่ำสุด และหญ้าหมัก ($dgDM = 52.78$) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งสูงที่สุด แต่ในส่วนของอัตราการย่อยสลายได้โปรตีน พบว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ($dgCP = 44.07$) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนต่ำที่สุด และมีหญ้าหมัก ($dgCP = 58.37$) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนสูงที่สุด

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหมักหมก, ถั่วเหลืองอายุ 6 เดือน หลังผ่านการหมักหมก, ถั่วเหลืองที่ลดลงอายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 ของสัตว์ที่ไม่เลี้ยง (Mean±SD)

วัตถุดิบ	เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง									
	วัตถุดิบแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	NDF	ADF	ADL	NDICP	ADICP
หมักหมก	28.23±4.59	6.62±0.40	2.44±0.12	10.20±0.07	23.86±0.92	50.42±1.26	33.29±2.31	5.14±0.05	5.42±0.26	4.32±0.12
ถั่วเหลืองอายุ 6 เดือนหมัก ^a	30.74±4.33	6.50±0.45	2.32±0.10	4.92±0.01	29.15±0.92	67.07±1.00	42.10±0.31	6.41±0.02	5.47±0.47	4.50±0.42
ถั่วเหลืองที่ลดลงอายุ 10-12 ค.	37.49±2.21	3.68±0.30	1.84±0.08	3.37±0.03	35.15±0.35	77.15±0.49	51.44±0.54	7.53±0.60	2.65±0.27	1.64±0.27
อาหารชั้น 17%โปรตีน	95.38±1.58	17.10±0.33	4.97±0.45	6.95±0.66	11.38±0.12	40.55±1.85	14.62±0.34	4.36±0.15	16.08±0.32	15.00±0.33

ตารางที่ 4.2 แสดงการย่อยสลายได้วัตถุดิบ และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุดิบของหมักหมก, ถั่วเหลืองอายุ 6 เดือน หลังผ่านการหมักหมก, ถั่วเหลืองที่ลดลงอายุ 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 ของสัตว์ที่ไม่เลี้ยง (Mean±SD) n=6

วัตถุดิบ	วัตถุดิบแห้ง									
	0	6	12	24	48	72	96	dgdM ¹		
หมักหมก	49.56±5.51	48.03±1.91	48.43±1.33	52.09±1.94	58.35±4.95	59.45±5.60	62.72±5.72	52.78±3.36		
ถั่วเหลืองอายุ 6 เดือนหมัก	31.17±1.68	31.57±4.79	35.56±4.01	44.77±9.32	48.21±9.92	54.81±5.17	55.43±0.87	41.73±0.49		
ถั่วเหลืองที่ลดลงอายุ 10-12 ค.	31.44±2.85	38.51±1.60	40.75±1.84	41.42±0.92	41.70±5.35	53.09±5.52	53.84±2.89	41.80±0.49		
อาหารชั้น 17%โปรตีน	50.85±1.51	59.38±3.61	67.46±5.10	71.45±4.49	82.77±2.72	85.50±1.99	86.15±1.42	62.70±3.79		

หมายเหตุ /1 Effective degradability of DM

ต้นอ่อนที่ใช้ในการทดสอบคือพันธุ์หมักหมกที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ่อนพันธุ์หมักหมกที่อายุ 10-12 เดือน ที่ลดลง และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

ตารางที่ 4.3 แสดงการย่อยสลายได้โปรตีน และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหมัก, สำหรับอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในภาชนะหมัก, สำหรับสัตว์ทดลอง 10-12 เดือน และอาหารชั้น 17 โปรตีนโปรตีน (Mean±SD) n=6

วัตถุหมัก	โปรตีน						
	0	6	12	24	48	72	96
หมักหมัก	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง
ต้นอายุ 6 เดือนหมัก	52.74±1.66	53.96±2.16	53.61±1.35	56.86±2.11	62.55±4.89	63.36±5.65	66.09±5.84
ต้นอายุ 10-12 ค.	37.60±1.50	37.65±4.77	41.02±4.01	49.82±9.31	52.72±9.89	58.94±5.14	60.09±2.70
ต้นอายุ 17% โปรตีน	35.15±2.86	41.55±1.65	43.42±1.86	43.66±0.79	49.67±5.42	54.72±5.44	55.18±2.86
อาหารชั้น 17% โปรตีน	67.89±1.45	75.34±3.50	81.64±5.07	83.16±5.95	94.98±3.30	98.09±2.01	98.25±1.47

หมายเหตุ /1 Effective degradability of CP

ต้นอายุที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์หมักอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอายุพันธุ์หมักอายุ 10-12 เดือน คัดสรร และพันธุ์หมักอายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกโปรตีน, ไขมัน, Neutral detergent insoluble protein (NDICP) และ Acid detergent insoluble protein (ADICP) ใกล้เคียงกับหญ้าหมัก แต่มีค่าสูงกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน โดยที่เปอร์เซนต์โปรตีนที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 6.50 เปอร์เซนต์ และ 6.52 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซนต์โปรตีนที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าสูงกว่าเมธาและฉลอง (2533) และ Kung and Stanley (1982) เล็กน้อย โดยรายงานไว้ที่ 6.4 เปอร์เซนต์ และ 6.3 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ปริมาณเถ้าที่วิเคราะห์ได้มีค่าสูงกว่ารายงานของเมธาและฉลอง (2533) และ Kung and Stanley (1982) ทั้งนี้เนื่องมาจากในขณะตัดต้นอ้อยมาใช้ในการทดลองมีดินติดปะปนมากับต้นอ้อย และในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซนต์โปรตีนเท่ากับ 3.68 เปอร์เซนต์ และมีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 3.2 เปอร์เซนต์ และในส่วนเปอร์เซนต์ไขมันที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 2.32 เปอร์เซนต์ และ 2.44 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซนต์ไขมันที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าต่ำกว่าเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 3.2 เปอร์เซนต์ และในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซนต์ไขมันเท่ากับ 1.84 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 1.60 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่าองค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์ได้จากต้นอ้อยที่มีความแตกต่างจากรายงานของ เมธาและฉลอง (2533) และ Kung and Stanley (1982) นั้นเป็นผลเนื่องมาจากพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดลองนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งเพลิน (2546) รายงานว่าพันธุ์อ้อยที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลทำให้องค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันด้วย

ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกวัตถุแห้ง, เยื่อใย, Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) อยู่ในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมักตามลำดับ โดยที่เปอร์เซนต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 37.49 เปอร์เซนต์, 30.74 เปอร์เซนต์ และ 28.23 เปอร์เซนต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซนต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และต้น

อ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่า Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้ที่ 29.00 เปอร์เซ็นต์ และ 22.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเปอร์เซ็นต์เชื้อใยของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหุ้หมัก มีค่าเท่ากับ 33.15 เปอร์เซ็นต์, 29.15 เปอร์เซ็นต์ และ 23.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์เชื้อใยของต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้เท่ากับ 35.30 เปอร์เซ็นต์ และ 29.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเปอร์เซ็นต์ Neutral detergent fiber (NDF) ของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหุ้หมัก มีค่าเท่ากับ 77.15 เปอร์เซ็นต์, 67.07 เปอร์เซ็นต์ และ 50.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์ Neutral detergent fiber (NDF) ของต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าแตกต่างจาก Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้เท่ากับ 64.10 เปอร์เซ็นต์ และ 52.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเปอร์เซ็นต์ Acid detergent fiber (ADF) ของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหุ้หมัก มีค่าเท่ากับ 51.44 เปอร์เซ็นต์, 42.10 เปอร์เซ็นต์ และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์ Acid detergent fiber (ADF) ของต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าแตกต่างจาก Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้เท่ากับ 41.50 เปอร์เซ็นต์ และ 38.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเปอร์เซ็นต์ Acid detergent lignin (ADL) ของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหุ้หมัก มีค่าเท่ากับ 7.53 เปอร์เซ็นต์, 6.41 เปอร์เซ็นต์ และ 5.14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์ Acid detergent lignin (ADL) ของต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าใกล้เคียงกับ Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้เท่ากับ 7.20 เปอร์เซ็นต์ และ 6.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีองค์ประกอบที่เป็นเชื้อใยอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ทั้งนี้เนื่องมาจากพืชที่มีอายุมากจะมีผนังเซลล์หนาและย่อยได้ยาก และส่วนของลำต้นจะมีองค์ประกอบที่เป็นลิก นินอยู่ในปริมาณสูง จึงทำให้ย่อยได้ยากและประสิทธิภาพในการย่อยได้จะลดลง (ขวนิสนดากร, 2534)

หุ้หมักมีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกเถ้าอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์เถ้าของหุ้หมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12

เดือน มีค่าเท่ากับ 10.20 เปอร์เซ็นต์, 4.92 เปอร์เซ็นต์ และ 3.37 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์เถ้าของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่าเมธาและนอลง (2533) และ Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้ที่ 7.4 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เถ้าของและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ที่ได้จากการทดลองมีค่าต่ำกว่าเมธาและนอลง (2533) และ Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้ที่ 7.8 เปอร์เซ็นต์ และ 7.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

4.6.2 การย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

จากการศึกษาการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่าหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีค่า Effective degradability of DM สูงที่สุด รองลงมาคือต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามลำดับ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากหญ้าหมักมีเชื้อใยอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จึงเป็นผลทำให้การย่อยสลายได้วัตถุแห้งที่เวลาต่าง ๆ สูงกว่า แต่ในส่วน of ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเชื้อใยที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่กลับมีค่า Effective degradability of DM สูงกว่า ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน นั้นมีองค์ประกอบของน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่มากกว่า ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่มากกว่านี้จะส่งผลทำให้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ย่อยได้ง่ายกว่า จึงมีค่า Effective degradability of DM สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่ในส่วน of ค่า Effective degradability of CP พบว่าหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีค่า Effective degradability of CP สูงที่สุดรองลงมาคือต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนตามลำดับ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้จากหญ้าหมักจะมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนตามลำดับ

4.7 สรุปผลการทดลอง

ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ และในส่วนของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับหญ้าหมัก ในส่วนของอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีค่าใกล้เคียงกับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่จะมีค่าต่ำกว่าหญ้าหมัก และในส่วนของอัตราการย่อยสลายโปรตีนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักจึงมีความเหมาะสมมากกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง และเนื่องจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในการเลี้ยงโคนมก็ควรที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อนที่จะนำไปใช้เลี้ยงโคนมเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น เช่น เสริมยูเรียในระดับที่ไม่เกิน 4% หรือเสริมร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในแต่ละท้องถิ่น

บทที่ 5

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

คำนำ

ในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมจะประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี การทำอาหารหมักเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเก็บถนอมอาหารสัตว์ที่มีอยู่ เพื่อเก็บสำรองสำหรับในช่วงที่ขาดแคลน แต่การเก็บสำรองอาหารหมักไว้นานในระยะเวลาที่ยาวนาน อาจส่งผลให้คุณภาพของอาหารหมักเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในการทดลองนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

5.1 อุปกรณ์และวิธีการ

5.1.1 การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของต้นอ้อยโดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี Treatment ดังนี้

ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หมักที่อายุ 1 เดือน, 2 เดือน, 3 เดือน และ 4 เดือน

ซึ่งจะได้ Treatment ทั้งหมด 4 Treatments

5.1.1.1 ใช้จำนวน 4 ซ้ำ ต่อ 1 Treatment

5.1.1.2 จำนวนอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก 16 ถัง ๆ ละ ประมาณ 10 กิโลกรัม มีน้ำหนักรวม 160 กิโลกรัม

5.1.2 ทำการหมักโดยการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ที่หั่นแล้ว นำมาใส่ถุงพลาสติก และซ้อนด้วยถุงพลาสติกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม บีบไล่อากาศออกให้หมดแล้วปิดถุงให้สนิทนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

5.1.3 สุ่มตัวอย่างอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ได้ตามระยะเวลาดังนี้ 1 เดือน, 2 เดือน, 3 เดือน และ 4 เดือนตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนา เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.3

5.1.4 การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยการนำตัวอย่างต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาที่ศึกษา ตัวอย่างละ 10 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มให้เดือด แล้วทิ้งไว้ให้เย็น และทำการวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH-meter

5.1.5 การเตรียมตัวอย่างโดยการนำตัวอย่างจากข้อ 5.1.3 ตามระยะเวลาที่ศึกษา ตัวอย่าง ละ 60-120 กรัม สกัดด้วย 0.05M H_2SO_4 ปริมาณ 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 4 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้วนำมา กรองเอาส่วนของเหลวใส่ไปใช้ในการวิเคราะห์

5.1.5.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานของ Acetate, Butyrate และ Lactate ให้ได้ ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.6 mol โดยใช้สารละลายมาตรฐานนี้ในการเตรียม Calibration curve และเปอร์เซ็นต์ Recovery ของกรดไขมันระเหยง่าย

5.1.5.2 วิธีการตรวจวิเคราะห์กรดไขมันระเหยง่าย โดยเครื่อง HPLC รุ่น 8100 นำตัวอย่างที่สกัดได้มากรองผ่าน Filter membrane ขนาด 0.4 μm แล้วฉีดเข้าเครื่อง HPLC โดย ที่สภาวะของเครื่อง HPLC ดังไว้ดังนี้

Column : Aminex HPX-87H, Guard column, Detector : UV ตั้งที่ 210 nm., Flow rate : 0.6 ml/min, ปริมาณที่ฉีด 10 μl , column temperature : 41 °C, Mobile phase : สารละลาย 0.0025M H_2SO_4 (Pecina et al., 1984)

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวางแผนการ ทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD), เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Orthogonal polynomial analysis และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

5.3 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

5.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2547

5.5 ผลการทดลอง

5.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงไว้ดังตารางที่ 5.1 จากการเก็บตัวอย่างของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ กัน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, เปอร์เซ็นต์โปรตีน, เปอร์เซ็นต์ไขมัน, เปอร์เซ็นต์เยื่อใย, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เถ้า พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF และเปอร์เซ็นต์ ADL พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้า, เปอร์เซ็นต์ ADF และเปอร์เซ็นต์ ADL เพิ่มขึ้น แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF จะลดต่ำลงเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์โดยวิธี Orthogonal polynomial analysis จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้า, เปอร์เซ็นต์ ADF และเปอร์เซ็นต์ ADL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (Linear) (การเก็บรักษาต้นอ้อยหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักช่วง 1-4 เดือน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และเปอร์เซ็นต์ NDF มีแนวโน้มลดลงในลักษณะของเส้นตรง (Linear) (การเก็บรักษาต้นอ้อยหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักช่วง 1-4 เดือน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

ตารางที่ 5.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากแห้งอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในเตารักษ์ ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

ระยะเวลา	วัตถุแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	เต้า	เยื่อใย	NDF	ADF	ADL	NDIN	ADIN	pH	dgDM	dgCP
เดือนที่ 1	20.82	6.53	2.11	6.63	35.10	75.29	42.07	7.64	5.46	4.57	4.05	40.23	44.62
เดือนที่ 2	18.01	6.45	2.22	6.98	34.66	75.08	44.27	8.94	5.45	4.46	4.43	40.80	44.85
เดือนที่ 3	16.96	6.36	2.23	7.29	34.72	75.12	44.83	9.17	5.39	4.44	4.64	41.13	47.35
เดือนที่ 4	16.96	6.35	2.38	7.47	34.18	69.08	52.42	9.57	5.36	4.40	5.10	42.82	48.80
SEM	0.17	0.33	0.30	0.42	0.59	1.03	1.34	0.64	0.31	0.36	0.31	1.06	1.04
Pr>F	0.0579	0.4236	0.1508	0.0180	0.1631	0.0001	0.0001	0.0001	0.2724	0.2872	0.0001	0.3460	0.0072
%CV	16.10	3.80	6.73	5.68	2.26	3.23	8.94	10.39	4.10	6.69	7.71	6.10	5.23

5.5.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงให้เห็นดังตารางที่ 5.1 พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษา มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์โดยวิธี Orthogonal polynomial analysis จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (Linear) (การเก็บรักษาคั่นอ้อยหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักช่วง 1-4 เดือน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

5.5.3 ปริมาณ VFAs ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

ปริมาณ VFAs ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงไว้ดังตารางที่ 5.2 พบว่า ปริมาณ Lactate มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ปริมาณ Acetate และ Butyrate ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น จะส่งผลทำให้ปริมาณ Lactate, Acetate และ Butyrate เพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์โดยวิธี Orthogonal polynomial analysis จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้ปริมาณ Lactate มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (Linear) (การเก็บรักษาคั่นอ้อยหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักช่วง 1-4 เดือน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อนำปริมาณ VFAs ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มาคิดคะแนนตัดสินคุณภาพของอาหารหมักโดยใช้วิธีการของ Flieg อ้างโดย Woolford (1984) ซึ่งใช้เป็นตัวชี้วัดความน่ากินของอาหารหมัก พบว่าคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักในระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 เดือน มีคะแนนอยู่ในช่วงเดียวกันทั้งหมด คืออยู่ในช่วง 65 – 78 ซึ่งมีคะแนนอยู่ในระดับดี (61 - 80)

ตารางที่ 5.2 แสดงปริมาณ VFA_s ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา (g/kgDM)

ระยะเวลา	Lactate	Acetate	Butyrate	Flieg point ^{1/}
เดือนที่ 1	23.31	11.29	1.73	76.71
เดือนที่ 2	23.37	11.81	1.86	74.43
เดือนที่ 3	23.73	11.83	1.92	75.43
เดือนที่ 4	24.20	12.08	2.08	74.57
SEM	0.57	0.54	0.39	0.86
Pr>F	0.0453	0.1274	0.2130	0.0862
%CV	3.08	5.63	18.49	2.23

หมายเหตุ

1/ คะแนน : มากกว่า 80 ดีมาก, 61-80 ดี, 41-60 ปานกลาง, 21-40 พอใช้, น้อยกว่า 20 เลว (ภาคผนวก ก)

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

5.6 วิจัยนผลการศึกษาทดลอง

5.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ใช้ระยะเวลาในการศึกษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณลดลงเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพรชัยและคณะ (2540), วีรพลและคณะ (2541) และ Lopez et al. (1970) โดยที่การลดลงของปริมาณวัตถุแห้งของอาหารอาจเกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียภายใต้สภาพ Aerobic fermentation และ Anaerobic fermentation ซึ่งจุลินทรีย์ใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ มีผลทำให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลง และสอดคล้องกับรายงานของ Frame (1994) ซึ่งพบ

ว่ากระบวนการหมักที่ดีและเกิดขึ้นเร็วขึ้นจะมีการใช้วัตถุแห้งไป 3-5 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามจากการนำเสนอของ เมธา (2533) รายงานว่า พืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีความชื้นอยู่ระหว่าง 60-67% แต่จากการทดลองพบว่า ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักในทุก ๆ ระยะเวลาการเก็บรักษามีความชื้นสูงกว่าที่ได้รายงานไว้ ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่า ต้นอ้อยเป็นพืชที่องค์ประกอบของน้ำอยู่ในปริมาณมาก นอกจากนั้นอาจเกิดการสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (Respiration losses) ซึ่งเป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของน้ำย่อยในพืช และของจุลินทรีย์ในการย่อยพวกแป้งในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลที่ได้ก็คือ จะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเกิดขึ้น (เมธา, 2533) ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณลดลงเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพิพัฒน์ (2544) พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลงเมื่อมีระยะเวลาในการหมักของอาหารหมักนานขึ้น และในส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์เยื่อใยก็พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน

แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่า เปอร์เซ็นต์ NDF มีเปอร์เซ็นต์ลดลง เมื่อมีระยะเวลาในการหมักยาวนานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ศรีนยาและคณะ (2536) พบว่าเปอร์เซ็นต์ NDF ของหญ้าซิกแนลเมื่อผ่านการหมักแล้ว จะมีเปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหมัก อาจเป็นเพราะว่า เปอร์เซ็นต์ NDF เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการหมัก จุลินทรีย์จะใช้ NDF ส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโต จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงระหว่างกระบวนการหมัก ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF และ ADL มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ ADF และ ADL มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น เมื่อมีระยะเวลาในการหมักนานขึ้น ให้ผลสอดคล้องกับ สายจิมและคณะ (2536), Ely et al. (1981) และ Chauhan and Kakkar (1981) ซึ่งพบว่า ADF ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งย่อยได้ยากและทานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มี ADF ในปริมาณสูง แต่อย่างไรก็ตามการที่ ADF มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด อาจเกิดจากการที่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งลดลงภายหลังจากการหมัก จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ ADF ที่วิเคราะห์ได้สูงขึ้น

5.6.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พบว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักยาวนานมากยิ่งขึ้น จะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเมธา (2533) รายงานว่า หลังจากที่มีเริ่มมีการหมักแล้ว แบคทีเรียจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) จะได้กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่จะเป็นกรดแลกติก จะส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมักลดลงทันที แต่เมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 3.8-4.0 แบคทีเรียจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้จนหมด ก็จะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ไม่ลดลง แต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น

5.6.3 ปริมาณ VFAs ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าปริมาณ Lactate, Acetate และ Butyrate ของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักยาวนานขึ้น และปริมาณ VFAs จะสอดคล้องกับระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของพืชหมัก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Sheperd et al. (1995) ทำการทดลองหมัก Alfalfa จนมีอายุ 177 วัน พบว่าระดับของ Lactate Acetate และ Butyrate สูงขึ้นตามระยะเวลา

5.7 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง, เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ในส่วน เปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL, ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณ lactate นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น และในส่วนของเปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL และระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) สอดคล้องกับปริมาณ VFAs ที่วิเคราะห์ได้ และเมื่อนำปริมาณ VFAs มาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของอาหารหมัก ก็พบว่าคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 เดือน จัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 6

การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของ โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับ รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก

คำนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตและขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอย่างจริงจัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา อีกทั้งรัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของการโคนมโค และได้ตั้งเป้าหมายในโครงการรณรงค์เพื่อเพิ่มการบริโภคนมของคนไทยให้สูงขึ้นทุก ๆ ปี อีกด้านหนึ่งคือ เพื่อให้ได้ปริมาณนมที่เพียงพอกับความต้องการในการบริโภคของคนในประเทศ และจะได้ไม่ต้องสั่งนมและผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศเข้ามา ซึ่งเป็นการเสียดุลการค้าอีกด้วย โดยในช่วงฤดูแล้งของประเทศไทยนั้นมักจะประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบอยู่เป็นประจำ จึงส่งผลทำให้ปริมาณน้ำนมโคไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งต้นอ้อยถือว่าเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นถ้าหากสามารถนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบได้ในช่วงฤดูแล้ง ก็จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบและช่วงเพิ่มปริมาณน้ำนมโคได้อีกทางหนึ่งด้วย ในการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นไปเพื่อศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก

6.1 อุปกรณ์และวิธีการ

6.1.1 ศึกษาผลของการนำด้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และด้นอ้อยตัดศดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมักเลี้ยงโครีดนม

6.1.1.1 ในการทดลองนี้จัดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โคนมได้รับหญ้าหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 8 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 โคนมได้รับด้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 8 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 3 โคนมได้รับด้นอ้อยตัดศดอายุ 10-12 เดือน ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 8 ตัว

6.1.1.2 การจัดสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ซึ่งจะจัดกลุ่มแบบ Stratified random balance group โดยคัดเลือกจากปริมาณการให้น้ำนม, ระยะเวลาในการให้น้ำนม, อายุ, จำนวนท้อง และน้ำหนักตัว โดยโคนมทุกตัวถูกขังคอกเดี่ยว มีอ่างน้ำสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา

ตารางที่ 6.1 แสดงคุณสมบัติของโคในแต่ละกลุ่ม

เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มโค	กลุ่มการทดลองที่		
	1	2	3
ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อวัน)	15.34±2.18	15.44±2.11	15.30±5.31
ระยะให้น้ำนมเฉลี่ย	2.00±1.07	1.75±1.04	1.88±0.99
ระยะเวลาการให้น้ำนมเฉลี่ย (วัน)	121.00±24.61	114.75±23.86	124.25±20.56
อายุเฉลี่ย (เดือน)	52.38±14.01	47.38±15.62	51.00±17.70
น้ำหนักตัวเฉลี่ย (กิโลกรัม)	423.75±33.91	430.63±41.97	443.00±43.41

หมายเหตุ

ค่าที่แสดงอยู่ในรูป mean ± SD

6.1.1.3 การจัดการอาหารสัตว์ทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการหมักด้นอ้อยอายุ 6 เดือน โดยการนำด้นอ้อยอายุ 6 เดือนที่หั่นแล้ว บรรจุลงในบ่อหมัก จำนวน 2 บ่อ แล้วทำการไล่อากาศออกโดยใช้คนย่ำ เมื่อบรรจุด้นอ้อยอายุ 6 เดือน จนเต็มบ่อหมักมีลักษณะพูนขึ้นเป็นหลังเต่าแล้ว จะทำการปิดบ่อโดย

คลุมบ่อหมักด้วยพลาสติก Polyethelene อย่างมิดชิด ไม่ให้มีการถ่ายเทอากาศ หลังจากคลุมบ่อด้วยพลาสติก Polyethelene แล้ว จะใช้ยางรถยนต์ล้อมคุณภาพวางทับ และใช้เวลาในการหมัก 2 สัปดาห์ ในการจ่ายอาหารให้แก่โคนมจะจ่ายเป็นรายตัว โดยจะจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบ ซึ่งอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง คืออาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน ผลิตโดยฟาร์มมหาวิทยาลัย โดยจะจ่ายอาหารข้น 3 เวลา คือ เวลา 08.00 น., 11.30 น. และ 16.30 น. ของทุกวัน ในส่วนของอาหารหยาบจะจ่าย 2 เวลา คือ เวลา 08.00 น. และ 16.30 น. ของทุกวัน ซึ่งอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน จะให้เฉลี่ยตัวละ 7.5 กิโลกรัมต่อวัน และในส่วนของอาหารหยาบจะให้แบบไม่จำกัด (*ad libitum*)

6.1.1.4 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

เมื่อทำการคัดเลือกโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองแล้ว ทำการให้อาหารและใช้ระยะเวลาในการปรับตัวสัตว์ทดลองประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับสภาพคอกทดลองและอาหาร ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยมีการบันทึก

6.1.1.4.1 ข้อมูลน้ำนม

ทำการบันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมรายตัวทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน โดยทำการแยกวิเคราะห์นม (เย็นและเข้า) ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม (Milkoscan รุ่น S50)

6.1.1.4.2 การกินได้

ทำการวัดการกินได้ทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ติดต่อกันตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บอาหารก่อนกินและหลังกิน 10 เปอร์เซนต์ จากโคนมรายตัว แล้วนำมาอบที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 36 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (AOAC, 1990) เมื่อครบตามระยะเวลาก็นำตัวอย่างที่เก็บไว้ในแต่ละสัปดาห์มารวมกัน และทำการสุ่มตัวอย่างอาหารอีกครั้ง ให้ได้ตัวอย่างอาหารในแต่ละกลุ่มการทดลอง ซึ่งก็คือ หญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน ก่อนกินและหลังกินของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองเป็นรายตัว เพื่อนำไปบดและวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนาในอาหารต่อไป

6.1.1.4.3 การวัดน้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวโคนมรายตัวก่อนและหลังการทดลอง

6.1.1.4.4 ศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยใช้ถุงใน

ล่อนแช่ในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov et al., 1980) เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1.4

6.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD), เปรียบเทียบโดยวิธี Multiple's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

6.3 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

6.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2547

6.5 ผลการทดลอง

6.5.1 การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ดังตารางที่ 6.2 พบว่าหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน นั้นให้พลังงาน TDN (%TDN) (57.16, 55.21, 52.67 และ 70.63 เปอร์เซ็นต์), พลังงานย่อยได้ (DE_p) (2.44, 2.37, 2.31 และ 2.89 Mcal/kgDM), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) (2.01, 1.94, 1.88 และ 2.48 Mcal/kgDM) และพลังงานสุทธิ (NE_p) (1.22, 1.17, 1.13 และ 1.56 Mcal/kgDM)

ตารางที่ 6.2 แสดงการจำแนกประเภทของพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคเปมีได้รับจากอาหารหมัก, ต้นธัญอายุ 6 เดือนแล้วผ่านกรรมวิธีในอาหารหมัก, ต้นธัญตัดอายุ 10-12 เดือน และอาหารขึ้น 17 ปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)

	อาหารหมัก	ต้นธัญอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในอาหารหมัก	ต้นธัญตัดอายุ 10-12 เดือน	อาหารขึ้น 17 ปอร์เซ็นต์โปรตีน
องค์ประกอบทางเคมี (%)				
วัตถุแห้ง	28.23±4.59	30.74±4.33	37.49±2.21	95.38±1.58
โปรตีน	6.52±0.40	6.50±0.45	3.68±0.30	17.10±0.33
ไขมัน	2.44±0.12	2.32±0.10	1.84±0.08	4.97±0.45
เถ้า	10.20±0.07	4.92±0.01	3.37±0.03	6.95±0.66
เยื่อใย	23.85±0.92	29.15±0.92	35.15±0.35	11.38±0.12
NDF	50.42±1.26	67.07±1.00	77.15±0.49	40.55±1.85
ADF	33.29±2.31	42.10±0.31	51.44±0.54	14.62±0.34
ADL	5.14±0.05	6.41±0.02	7.53±0.60	4.36±0.15
NDIN	0.87±0.26	0.88±0.47	0.42±0.27	2.57±0.32
ADIN	0.69±0.12	0.72±0.42	0.26±0.27	2.40±0.33
พลังงาน TDN (%TDN) ^a	57.16±0.36	55.21±0.86	52.67±0.31	70.63±0.96
พลังงานย่อยได้ DE (DE _p) Mcal/kgDM ^b	2.44±0.02	2.37±0.01	2.31±0.02	2.89±0.06
พลังงานใช้ประโยชน์ ME (ME _p) Mcal/kgDM ^c	2.01±0.02	1.94±0.01	1.88±0.03	2.48±0.02
พลังงานสุทธิ NE (NE _p) Mcal/kgDM ^d	1.22±0.02	1.17±0.03	1.13±0.01	1.56±0.05

หมายเหตุ

1

TDN_{1x}(%)

2

DE_p(Mcal/kg)

3

DE_{1x}(Mcal/kg)

Discount

4

ME_p(Mcal/kg)

ME_p(Mcal/kg)

5

NE_p(Mcal/kg)

NE_p(Mcal/kg)

=

=

=

=

=

=

=

=

tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF - 7

DE_{1x} x Discount,

(tdNFC/100) x 4.2 + (tdNDF/100) x 4.2 + (tdCP/100) x 5.6 + (FA/100) x 9.4 - 0.3,

[TDN_{1x} + ((0.18 x TDN_{1x}) - 10.3) x Intake)]/TDN_{1x}

[1.01 x (DE_p) - 0.45] + 0.0046 x (EE - 3) (กรณี EE > 3),

1.01 x DE (Mcal/kg) - 0.46 (กรณี EE < 3)

0.703 x ME_p - 0.19 + ((0.0097 x ME_p + 0.19)/97) x [EE - 3] (กรณี EE > 3),

๑.๗๐3 x ME_p(Mcal/kg) - ๐.19 (กรณี EE < 3)

ต้นอ่อนที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มรกตอายุ 6 เดือนหลังจากการวิธีในการหมัก, ต้นอ่อนพันธุ์มรกตอายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหยาบพันธุ์กินสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังจากการวิธีในการหมัก

6.5.2 การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 6.3 พบว่าการกินได้วัตถุแห้งของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งการกินได้โดยอิสระมีค่าเท่ากับ 13.11, 13.04 และ 12.69 kgDM/ตัว/วัน ตามลำดับ ในส่วนของการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งการกินได้โปรตีนมีค่าเท่ากับ 1609, 1604 และ 1424 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และการกินได้พลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 18.40, 18.08 และ 17.39 Mcal/kgDM ตามลำดับ และเมื่อนำข้อมูลของการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) พบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิไม่แตกต่างกัน แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 3

6.5.3 ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 6.4 จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำนม (12.47, 12.33 และ 12.26 กิโลกรัม/วัน), ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (11.85, 10.98 และ 10.61 กิโลกรัม/วัน), ปริมาณไขมันนม (462, 455 และ 428 กรัม/วัน), ปริมาณโปรตีนนม (308, 314 และ 293 กรัม/วัน), ปริมาณแลคโตส (570, 544 และ 549 กรัม/วัน), ปริมาณของแข็งพร้อมไขมัน (989, 977 และ 994 กรัม/วัน) และ ปริมาณของแข็งรวมในนม (1451, 1432 และ 1422 กรัม/วัน) ที่ศึกษา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และ กลุ่มการทดลองที่ 3

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการจับได้ของโคมนที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ถั่วเหลืองที่ปลูกเป็นแปลงของเกษตรกร ร่วมด้วย อาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

	กลุ่มอาหารทดลองที่ 1 ^{1/}	กลุ่มอาหารทดลองที่ 2 ^{2/}	กลุ่มอาหารทดลองที่ 3 ^{3/}	SEM	P>F	%CV
การจับได้วัตถุดิบ (ได้รวมวัตถุดิบแห้งสด/วัน)						
อาหารหยาบ	5.97	5.90	5.55	0.74	0.9599	19.76
อาหารชั้น	7.14	7.14	7.14	-	-	-
รวม	13.11	13.04	12.69	0.55	0.7558	20.02
การจับได้โปรตีน (กรัมสด/วัน)						
อาหารหยาบ	389 ^a	384 ^a	204 ^b	33.02	0.0001	16.46
อาหารชั้น	1220	1220	1220	-	-	-
รวม	1609 ^a	1604 ^a	1424 ^b	32.97	0.0001	16.85
การจับได้พลังงานสุทธิ (Mcalสด/วัน)						
อาหารหยาบ	7.26 ^a	6.94 ^a	6.25 ^b	0.1	0.0001	1.49
อาหารชั้น	11.14	11.14	11.14	11.14	-	-
รวม	18.40 ^a	18.08 ^a	17.39 ^b	0.18	0.0001	1.11

หมายเหตุ 1/ โคมนที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

2/ โคมนที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

3/ โคมนที่ได้รับต้นอ้อยสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซนต์โปรตีน

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มูกอสที่อายุ 6 เดือนหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์มูกอสที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์ที่มีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก

ตารางที่ 6.4 แสดงปริมาณกากและองค์ประกอบของกาก

	กลุ่มการทดลองที่ 1 ^{1/}	กลุ่มการทดลองที่ 2 ^{2/}	กลุ่มการทดลองที่ 3 ^{3/}	SEM	Pr>F	%CV
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	12.47	12.33	12.26	1.22	0.9770	16.20
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัม/วัน)	11.85	10.98	10.61	1.03	0.7519	15.23
ปริมาณไขมัน (กรัม/วัน)	470	455	428	37.83	0.6753	17.25
ปริมาณโปรตีน (กรัม/วัน)	308	314	293	23.98	0.6029	13.82
ปริมาณแคลเซียมได้ส (กรัม/วัน)	570	544	549	33.60	0.9314	17.56
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (กรัม/วัน)	989	977	994	89.24	0.9518	15.81
ปริมาณของแข็งรวมในนม (กรัม/วัน)	1451	1432	1422	126.39	0.9561	15.43

หมายเหตุ

1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์ผสมกลอสที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์ผสมกลอสที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

6.5.4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 6.5 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (3.70, 3.69 และ 3.49 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์โปรตีน (2.47, 2.55, 2.39 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์แล็กโตส (4.57, 4.41 และ 4.48 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร้อมไขมัน (7.93, 7.92 และ 8.11) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนม (11.63, 11.61 และ 11.59 เปอร์เซ็นต์) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3

6.5.5 น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 6.6 พบว่าน้ำหนักตัวก่อนการทดลอง (423.75, 430.63 และ 443.00 กิโลกรัม) น้ำหนักตัวหลังการทดลอง (414.63, 430.13, 441.63 กิโลกรัม) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในส่วนของน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (-217.14, -11.90 และ -32.74 กรัม/วัน) ที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อนำข้อมูลไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) พบว่า น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 จะไม่แตกต่างกัน แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 1

ตารางที่ 6.5 แสดงผลเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของไขมัน

	กลุ่มการทดลองที่ 1 ^{1/}	กลุ่มการทดลองที่ 2 ^{2/}	กลุ่มการทดลองที่ 3 ^{3/}	SEM	Pr>F	%CV
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.70	3.69	3.49	0.27	0.6670	14.80
เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ลดลง	2.47	2.55	2.39	0.14	0.3190	9.68
เปอร์เซ็นต์ไขมันที่เพิ่มขึ้น	4.57	4.41	4.48	0.12	0.5936	4.27
เปอร์เซ็นต์ไขมันที่เพิ่มขึ้น/ไขมัน	7.93	7.92	8.11	0.26	0.4822	4.27
เปอร์เซ็นต์ไขมันที่เพิ่มขึ้นรวม	11.63	11.61	11.59	0.24	0.9948	6.72

ตารางที่ 6.6 แสดงผลน้ำหนักตัวและค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลง

	กลุ่มการทดลองที่ 1 ^{1/}	กลุ่มการทดลองที่ 2 ^{2/}	กลุ่มการทดลองที่ 3 ^{3/}	SEM	Pr>F	%CV
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม)						
ก่อนการทดลอง	423.75	430.63	443.00	24.48	0.6228	9.17
หลังการทดลอง	414.63	430.13	441.63	23.18	0.3762	8.83
น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	-217.14 ^a	-11.90 ^b	-32.74 ^b	8.43	0.0175	59.63

หมายเหตุ 1/ ไก่ไม่ได้รับอาหารหมักเป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารอื่น 17 เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ลดลง

2/ ไก่ไม่ได้รับไขมันที่ลดลง 6 เดือนหลังจากการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารอื่น 17 เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ลดลง

3/ ไก่ไม่ได้รับไขมันที่ลดลง 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารอื่น 17 เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ลดลง

ต้นอาหารที่ใช้ในการทดลองคือไขมันที่ลดลง 6 เดือนหลังจากการหมัก, ต้นอาหารหมัก, ต้นอาหารหมักที่ลดลง 10-12 เดือน และไขมันที่ลดลง 10-12 เดือน หลังจากการหมัก 50 วันหลังจากการหมัก

6.5.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, คั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, คั่นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 6.7 โดยที่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีนโดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} (1212, 1164 และ 1074 กรัม/วัน) และ RUP_{sup} (384, 421, 357 กรัม/วัน) ที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) พบว่า RDP_{sup} ที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับและ RUP_{sup} ที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และกลุ่มการทดลองที่ 3

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6.8 พบว่า การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_{Lp} intake) ที่ได้จาก 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งการกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (18.40 Mcal/kgDM) ไม่แตกต่างจากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (18.08 Mcal/kgDM) และจะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 (17.39 Mcal/kgDM) แต่ในส่วน of พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) (7.47, 7.56 และ 7.72 Mcal/kgDM), พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) (-0.54, -0.03 และ -0.08 Mcal/kgDM), พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) (8.37, 8.31 และ 7.93 Mcal/kgDM), พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) (15.30, 15.84 และ 15.57 Mcal/kgDM) และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (0.83, 0.88 และ 0.90 Mcal/kgDM) ที่ได้จากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

ความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 6.9 พบว่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (1212 กรัม/วัน), โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (1164 กรัม/วัน) และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3

(1074 กรัม/วัน) ได้รับ RDP_{sup} ชาติเท่ากับ 81, 105 และ 144 กรัม/วัน ตามลำดับ และในส่วน
 ของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) พบว่า โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, โคน
 มในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{sup} เท่ากับ 384, 421 และ
 357 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการ
 ทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{sup} เกินเท่ากับ 176, 46 และ 15 กรัม/วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 6.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคขุนที่ได้รับธัญพืชอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ่อนตัดอายุ 10-12 เดือน, ท่อนักเป็นแหล่งของอาหารแบบ ร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

	กลุ่มการทดลองที่ 1 ¹	กลุ่มการทดลองที่ 2 ²	กลุ่มการทดลองที่ 3 ³	SEM	Pr>F	%CV
โปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) (g/d) ⁴	1212 ^a	1164 ^b	1074 ^c	16.18	0.0001	2.30
โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) (g/d) ⁵	384 ^b	421 ^a	357 ^b	19.87	0.0029	8.38

หมายเหตุ

- 1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 2/ โคนมได้รับต้นอ่อนอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 3/ โคนมได้รับต้นอ่อนตัดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหมักร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 4/ RDP_{sup} = Total DMFed x 1000 x Diet CP x CP_RDP
- 5/ RUP_{sup} = CPTotal - RDP_{sup}
- ต้นอ่อนที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มูกอสที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ่อนพันธุ์มูกอสที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินมีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

ตารางที่ 6.8 แสดงการคำนวณพลังงานเพื่อการรวมต่างๆ (Mcal/วัน)

	กลุ่มการทดลองที่ 1 ^a	กลุ่มการทดลองที่ 2 ^b	กลุ่มการทดลองที่ 3 ^c	SEM	Pr>F	%CV
การกิน ^d ได้พลังงานสุทธิ (NE _g intake) (Mcal/วัน)	18.40 ^a	18.08 ^a	17.39 ^b	0.18	0.0001	1.11
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE _{LM}) (Mcal/วัน) ^e	7.47	7.56	7.72	0.32	0.6248	6.85
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE _L) (Mcal/วัน) ^f	-0.54	-0.03	-0.08	0.49	0.9618	59.46
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE _{LL}) (Mcal/วัน) ^g	8.37	8.31	7.93	0.74	0.7590	14.80
พลังงานสุทธิสะสม (NE _L) (Mcal/วัน) ^h	15.30	15.84	15.57	0.88	0.8591	9.29
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ⁱ	0.83	0.88	0.90	0.05	0.3462	9.47

หมายเหตุ

- 1/ โคนม^aได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
 - 2/ โคนม^bได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
 - 3/ โคนม^cได้รับต้นอ้อยตัดสลาย 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
 - 4/ $NE_{LM}(Mcal/kgDM) = 0.08 \times (Live\ Weight)^{0.75}$
 - 5/ $NE_{Lg}(Mcal/kg) = Reserve\ Energy \times (0.65/0.75)$
 - 6/ $NE_{LL}(Mcal/kg\ Milk) = kg\ milk/d \times [(0.0929 \times Fat\%) + (0.0547 \times Crude\ Protein\%) + 0.192]$
 - 7/ $NE_{Lg} = NE_{LM} + NE_{Lg} + NE_{LL}$
 - 8/ ความต้องการพลังงานสุทธิหลังงานสุทธิตั้งได้
- ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มูกอสที่อายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์มูกอสที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินนี่ลิม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

ตารางที่ ๕.๑ แสดงความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้เฉพาะชนิด (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้เฉพาะชนิด (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคขุนที่ได้รับนมตั้งแต่ 6 เดือนก่อนการผสมเทียมในการทดลอง 10-12 เดือน, กลุ่มที่ผลิตเป็นแหล่งของอาหารขยาย รวมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

	กลุ่มอาหารทดลองที่ 1 ^a	กลุ่มอาหารทดลองที่ 2 ^a	กลุ่มอาหารทดลองที่ 3 ^a	SEM	Pr>F	%CV
ความต้องการ RDP (RDP _{req}) ⁴	1293	1269	1218	60.46	0.3168	7.83
RDP จากอาหาร (RDP _{exp}) ⁵	1212 ^a	1164 ^b	1074 ^c	16.18	0.0001	2.30
ขาดเกิน	-81	-105	-144	48.70	0.2679	67.42
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน (MPBact) ⁶	703	691	663	32.89	0.3168	7.83
ความต้องการ RUP (RUP _{req}) ⁹	208	375	342	92.45	0.6294	62.71
RUP จากอาหาร (RUP _{exp}) ¹⁰	384 ^b	421 ^a	357 ^b	19.87	0.0029	8.38
ขาดเกิน	176	46	15	95.04	0.5029	75.79

หมายเหตุ

- 1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารขยายร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารขยายร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
- 3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารขยายร่วมกับอาหารชั้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

$$4/ RDP_{req} = 0.15294 \times TDN_{Act} Total, TDN_{Act} Total = DMI(kg) \times \%TDN \times 1000$$

$$5/ RDP_{exp} = TotalDMFed \times 1000 \times Diet CP \times CP_RDP$$

$$6/ MPBact (g/d) = 0.64 \times (0.85 \times gRDP_{req}) \quad 7/ CP_{req} = RDP_{req} + RUP_{req}$$

$$8/ CP_{exp} = TotalDMFed \times 1000 \times Diet CP \quad 9/ RUP_{req} = MP_{exp}/0.53$$

$$10/ RUP_{exp} = CPTotal - RDP_{exp}$$

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์หมักอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์หมักอายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

6.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

6.6.1 การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

จากการประเมินของพลังงานโดยใช้การคำนวณตามสมการ NRC (2001) ของอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 6.2 ซึ่งก็คือหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน พบว่าพลังงาน TDN (%TDN), พลังงานย่อยได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{Lp}) ที่ได้จากหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จะให้พลังงานแต่ละประเภทแตกต่างกัน ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน

6.6.2 การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีนแสดงไว้ดังตารางที่ 6.3 ซึ่งประกอบไปด้วย การกินได้วัตถุดิบแห้ง, การกินได้โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิ พบว่าการกินได้วัตถุดิบแห้งของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในส่วนของการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยที่โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 จะมีการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิไม่แตกต่างกันแต่จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ซึ่ง Tamminga (1979) รายงานว่า การกินได้ของโคนมนั้นจะขึ้นอยู่กับความย่อยสลายได้ของอาหารภายในกระเพาะหมัก ซึ่งพบว่าอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงจะส่งผลต่ออัตราการกินได้ที่สูงตามไปด้วย และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีค่าอัตราการย่อยสลายสูงกว่า (Effective degradability of DM = 52.78) ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก (Effective degradability of DM = 41.73%) และต้นอ้อยตัดสดอายุ

10-12 เดือน (Effective degradability of DM = 41.80%) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้การกินได้ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3

นอกจากนี้โปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) ก็มีผลต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งพบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้น้อยในกระเพาะหมัก Claypool et al. (1980) พบว่าสาเหตุที่โปรตีนไปมีผลต่อปริมาณการกินได้เป็นเพราะว่า โคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น เมื่อการย่อยได้สูงขึ้นการไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักก็เพิ่มสูงขึ้น ทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น ส่วนโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักจะมีผลต่อสมดุลกรดอะมิโนในสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมกลไกการควบคุมการกินได้ (Egan and Moir, 1965) ถ้ากรดอะมิโนไม่สมดุลจะไปมีผลต่อวิถีเมตาโบไลต์ในสัตว์จะไปลดการใช้ประโยชน์ของสารตั้งต้น เนื่องจากการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในวิถีเมตาโบไลต์ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารในวัฏจักร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเคโมรีเซพเตอร์ ไปมีผลต่อสมองที่ควบคุมการกินได้ของสัตว์ (Forbes, 1986) Egan and Moir (1965) ได้ทดลองฉีดเคซีนในลำไส้เล็กส่วนต้นของแกะ พบว่าเพิ่มการกินได้ และทดลองฉีดเคซีนในกระเพาะรูเมน ซึ่งเพิ่มการกินได้น้อยแต่การย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงขึ้น และจะเห็นได้ว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงที่สุด (1212 กรัม/วัน) รองลงมาคือ โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (1164 กรัม/วัน) และกลุ่มการทดลองที่ 3 (1074 กรัม/วัน) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ สูงกว่าโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบตามลำดับ

ในส่วนของการกินได้โปรตีนจะเห็นได้ว่าโคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ จะมีการกินได้โปรตีนสูงกว่าโคนมที่ได้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ของวัตถุดิบ (Suksombat, 1996) นอกจากนั้นยังพบว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน (3.68 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) นั้นมีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าหญ้าหมัก (6.52 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก (6.50 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) มาก จึงส่งผลทำให้การกินได้โปรตีนต่ำตามไปด้วย และใน

ส่วนของการกินได้พลังงานสุทธิจะเห็นได้ว่า โคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบมีการกินได้พลังงานสุทธิสูงที่สุด รองลงมาคือโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบตามลำดับ ซึ่งการกินได้พลังงานสุทธิจะขึ้นอยู่กับปริมาณกินได้ของวัตถุแห้งเช่นเดียวกับการกินได้โปรตีน และยังพบว่าโคนมที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบมีพลังงานสุทธิที่ได้จากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เท่ากับ 1.13 Mcal/kgDM ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหญ้าหมัก ซึ่งให้พลังงานสุทธิเท่ากับ 1.22 Mcal/kgDM และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ซึ่งให้พลังงานสุทธิเท่ากับ 1.17 Mcal/kgDM จึงส่งผลทำให้การกินได้พลังงานสุทธิต่ำตามไปด้วย

6.6.3 ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ปริมาณน้ำนมของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 นั้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำนมที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (12.47 กิโลกรัม/วัน) จะสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 (12.33 กิโลกรัม/วัน) และกลุ่มการทดลองที่ 3 (12.26 กิโลกรัม/วัน) ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ของวัตถุแห้งและพลังงานสุทธิที่โคนมได้รับ Gaynor et al. (1995) พบว่าโคที่ได้รับพลังงานสูงจะมีปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้น จะเกิดการย่อยสลายพลังงานในกระเพาะหมักมากขึ้น ทำให้สามารถผลิตกรดไขมันได้มากขึ้น และส่งผลให้การผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น Suksoombat (2000) ทำการทดลองอาหารหยาบผสม 3 สูตร เปรียบเทียบกับหญ้าสด พบว่าในอาหารหยาบผสมสูตรที่ 3 ที่มีขานอ้อยเป็นแหล่งของอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวมีปริมาณน้ำนมลดลง ทั้งนี้เพราะขานอ้อยมีการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมักที่เป็นอาหารหยาบของกลุ่มการทดลองที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม แสดงไว้ดังตารางที่ 6.4 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณของโปรตีน, ไขมัน, แลคโตส, ของแข็งพร้อมไขมัน และของแข็งรวมในน้ำนม ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (308, 462, 570, 989 และ 1451 กรัม/ตัว/วัน) และกลุ่มการทดลองที่ 2 (314, 455, 544, 977 และ 1432 กรัม/ตัว/วัน) จะใกล้เคียงกันและสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 3 (293, 428, 549, 994 และ 1422 กรัม/ตัว/วัน) ซึ่งการหาปริมาณองค์ประกอบในน้ำนมได้มาจาก เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมคูณกับปริมาณน้ำนม จึงส่งผลให้ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3

6.6.4 การได้รับโปรตีนจากอาหาร โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup})

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ดังตารางที่ 6.7 พบว่าการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ของโคนมในแต่ละกลุ่มการทดลองแตกต่างกัน จึงส่งผลทำให้การได้รับ RDP_{sup} และ RUP_{sup} ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับ

การได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) คำนวณจากสมการ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 6.9 พบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่ได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) เพียงพอต่อความต้องการ ทั้งนี้อาจจะแก้ไขได้โดยการเสริมยูเรียในระดับที่ไม่เกิน 4 % เพื่อเพิ่มปริมาณ RDP_{sup} ให้เพียงพอต่อความต้องการ หรือใช้ต้นอ้อยเสริมร่วมกับพืชอาหารหายาชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ

6.6.5 การจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่างๆ

การกินได้ของพลังงานสุทธิ แสดงไว้ดังตารางที่ 6.8 ซึ่งการกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และ กลุ่มการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการกินได้พลังงานสุทธิจากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ไม่แตกต่างจากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 แต่จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ซึ่งมีค่าการกินได้พลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 18.40, 18.05 และ 17.39 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งก็เป็นผลมาจากการกินได้วัตถุดิบ และในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) (7.47, 7.56 และ 7.72 Mcal/kgDM), พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) (-0.54, -0.03 และ -0.08 Mcal/kgDM), พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) (8.37, 8.31 และ 7.93 Mcal/kgDM) และพลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) (15.30, 15.84 และ 15.57 Mcal/kgDM), ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (0.83, 0.88 และ 0.90) ที่ได้จากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง นั้นสูญเสียไปเท่ากับ 0.17, 0.12 และ 0.10 ตามลำดับ ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปนั้นจะสูญเสียออกไปในรูปของมูล, ปัสสาวะ, ก๊าซจากการหมักย่อย และความร้อนนั่นเอง

6.7 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และการกินได้วัตถุแห้งที่ได้จากโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และในส่วนของการกินได้โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 จะไม่แตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 แต่จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 แต่ในส่วนของ RDP_{sup} พบว่า โคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RUP_{sup} เพียงพอต่อความต้องการ ด้วยเหตุนี้หากจะนำค่านี้อ้อมมาใช้เลี้ยงโคนมก็ควรจะเสริมยูเรียในระดับไม่เกิน 4 % เพื่อเพิ่มปริมาณ RDP_{sup} ให้เพียงพอต่อความต้องการ หรือเสริมค่านี้อ้อมร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ

บทที่ 7

การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

คำนำ

ต้นอ้อยที่จะนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมนั้นมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งพบว่ากรณีที่โคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม ซึ่งก็คือโคนมจะเกิดโรค Rumen acidosis ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

วัตถุประสงค์

ทำการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

7.1 อุปกรณ์และวิธีการ

7.1.1 ศึกษาผลของการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมักเลี้ยงโคเจาะกระเพาะ

7.1.1.1 ในการทดลองนี้จัดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โคเจาะกระเพาะได้รับหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 โคเจาะกระเพาะได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 6 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 3 โคजेาะกระได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 6 ตัว

7.1.1.2 การจัดอาหารสัตว์ทดลอง

จะให้อาหารโคजेาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลองโดยจะให้แบบไม่จำกัด (*ad libitum*)

7.1.1.3 การจัดการสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) โดยทำการเจาะกระเพาะเพื่อเก็บของเหลวในกระเพาะหมัก(Rumen fluid) โดยในการทดลองจะใช้โคजेาะกระเพาะจำนวน 6 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ให้ได้รับอาหารในทุกชนิดที่ใช้ในการทดลอง โดยใช้ระยะในการปรับตัวเป็นเวลา 10 วัน ต่ออาหารแต่ละชนิด และทำการเก็บน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักเป็นระยะเวลา 1 วัน และวางแผนในการให้อาหารดังแสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงการให้อาหารโคजेาะกระเพาะในแต่ละกลุ่มการทดลอง

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
กลุ่มที่ 1	หญ้าหมัก	ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีหมัก	ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน
กลุ่มที่ 2	ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีหมัก	ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน	หญ้าหมัก
กลุ่มที่ 3	ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน	หญ้าหมัก	ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีหมัก

7.1.2 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

7.1.2.1 การวิเคราะห์ของเหลวในกระเพาะหมัก (Rumen fluid)

7.1.2.1.1 การเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (collection of rumen fluid samples)

การเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่าง สุ่มดูดเอาของเหลวในกระเพาะหมักออกมาประมาณ 100-150 มิลลิลิตร/ตัว โดยจะเก็บชั่วโมงที่ 0, 1, 3, 5 และ 7 ตัวอย่างของเหลวในกระเพาะที่เก็บได้ต้องรีบเก็บรักษาในสภาวะและใช้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับนำไปวิเคราะห์ผลทางเคมีต่าง ๆ จากนั้นนำเข้าตู้แช่แข็ง เพื่อรอการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้

7.1.2.1.2 การวัดระดับความเป็นกรดต่าง (Rumen pH)

สำหรับการวัดระดับความเป็นกรดต่างจะดำเนินการทันทีที่เก็บตัวอย่างในแต่ละชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (pH-meter) อย่างไรก็ตามก่อนการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เครื่องวัดจะต้องได้รับการปรับด้วยการใช้ บัฟเฟอร์ ที่ pH 7.0 และ pH 4.0 เสียก่อน

7.1.2.1.3 การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หา Volatile fatty acids (VFAs)

ใช้หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย Protein precipitant (Metaphosphoric acid/Formic acid 18.75 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ต่อ 25 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร การเก็บตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง ต้องทำ 2 ซ้ำ ซ้ำ ที่หนึ่งเติม Internal standard (Isocaproic acid 0.52 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร พร้อมด้วยของเหลวในกระเพาะหมักปริมาตร 5 มิลลิลิตร (Control sample) นำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 1895 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เทเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส ๆ (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 มิลลิลิตร ปิดด้วยฝาจุกเกลียว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatographic (HPLC) (Pecina et al., 1984)

7.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin square design (Steel and Torries, 1980), เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

7.3 สถานที่ทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

7.4 ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มการทดลองตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ. 2546 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2547

7.5 ผลการทดลอง

7.5.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

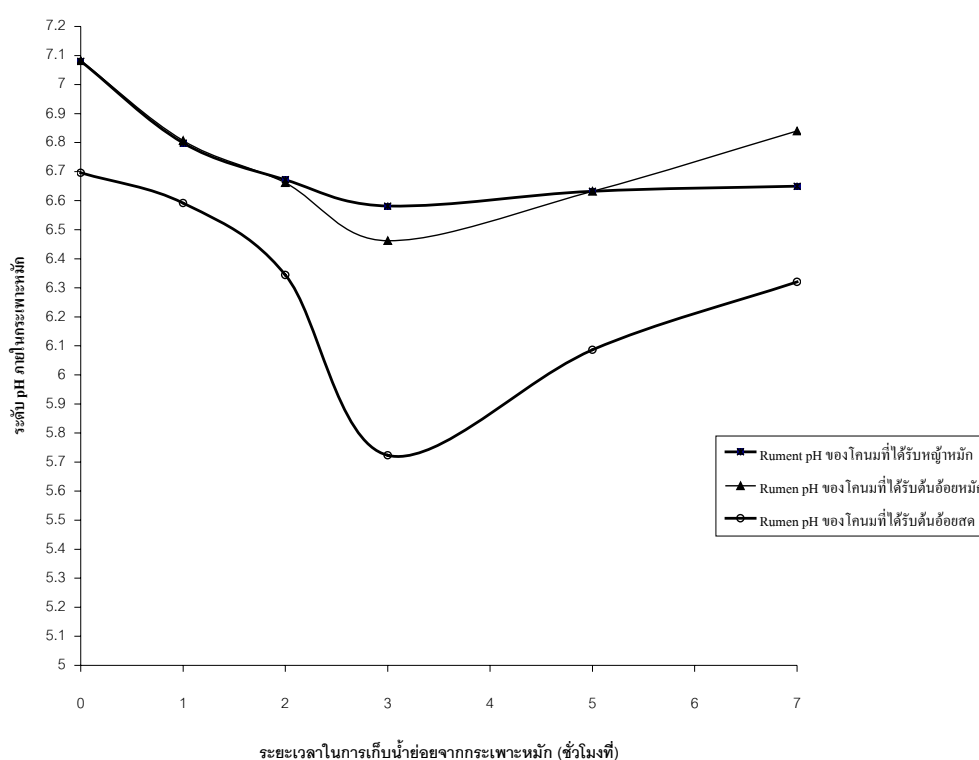
ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 และกราฟที่ 7.1 พบว่า เมื่อโคกินอาหารตามกลุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่ม จะมีระดับ pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักลดลงตามชั่วโมงที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงชั่วโมงที่ 5 ระดับ pH ภายในกระเพาะหมักจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ในชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 5 และ 7 นั้นระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมัก ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในชั่วโมงที่ 3 ซึ่งเป็นชั่วโมงที่มีระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักต่ำสุดนั้น พบว่าระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) พบว่า ระดับของค่า pH ที่วัดได้จากโคในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ กลุ่มการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 7.2 แสดงระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

วัตถุดิบ	ระดับ pH ภายในกระเพาะหมัก					
	ชั่วโมงที่ 0	ชั่วโมงที่ 1	ชั่วโมงที่ 2	ชั่วโมงที่ 3	ชั่วโมงที่ 5	ชั่วโมงที่ 7
หญ้าหมัก	7.08	6.80	6.67	6.58 ^a	6.62	6.65
ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หมัก	7.08	6.81	6.66	6.46 ^a	6.63	6.84
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ค.	6.70	6.59	6.34	5.72 ^b	6.08	6.32
SEM	0.15	0.18	0.13	0.22	0.38	0.11
Pr>F	0.1342	0.3294	0.1206	0.0407	0.5147	0.1549
%CV	2.17	1.89	1.73	3.33	9.04	2.71

หมายเหตุ ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มกอศที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์มกอศที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

กราฟที่ 7.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเป็นกรดต่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง



7.5.2 ปริมาณ Volatile fatty acids (VFA_s) ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

ปริมาณ VFA_s ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.3 ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate จะเห็นได้ว่า ปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลองนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และเมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) พบว่า

ปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ที่วัดได้จากโคในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ กลุ่มการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 7.3 แสดงปริมาณ VFAs ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

วัตถุดิบ	ปริมาณ VFAs		
	Acetate (mmol/L)	Propionate (mmol/L)	Acetate/Propionate
หญ้าหมัก	67.89 ^a	24.81 ^b	2.74 ^a
ต้นอ้อยอายุ 6 ค. หมัก	69.57 ^a	25.77 ^b	2.70 ^a
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ค.	48.47 ^b	56.53 ^a	0.85 ^b
SEM	1.34	1.09	0.12
Pr>F	0.0023	0.0009	0.0014
%CV	1.59	2.74	3.33

หมายเหตุ ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มกอศที่อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยพันธุ์มกอศที่อายุ 10-12 เดือน ตัดสด และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วันหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

7.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

7.6.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.2 และกราฟที่ 7.1 พบว่า เมื่อโคกินอาหารตามกลุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่ม จะมีระดับ pH ภายในกระเพาะหมักลดลงตามชั่วโมงที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงชั่วโมงที่ 5 ระดับ pH ภายในกระเพาะหมักจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักสามารถที่จะบ่งบอกถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ได้ โดยพบว่าเมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักลดต่ำกว่า 5.9 จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis (Seal and Parker, 1994 ; Hurley, 1998 ; Garrett et al., 1999 และ The Pennsylvania State University, 2001) และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักในช่วงที่ต่ำที่สุดของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง คือ pH ซึ่งวัดได้จากชั่วโมงที่ 3 ซึ่งพบว่ามีเพียงโค

ในกลุ่มการทดลองที่ 3 ที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เท่านั้น ที่มีระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักมีค่าต่ำกว่า 5.9 จึงส่งผลทำให้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดโรค Rumen acidosis ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีระดับของน้ำตาลในปริมาณที่สูง ตามรายงานของสุวพงษ์ (2542) ซึ่งรายงานไว้ว่า การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของต้นอ้อยจะไม่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ในขณะที่ต้นอ้อยเจริญเติบโตมากก็จะมี การสะสมของน้ำตาลน้อย แต่เมื่อต้นอ้อยมีอายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะลดลง ก็จะส่งผลทำให้ การสะสมของน้ำตาลเพิ่มขึ้น และพบว่าต้นอ้อยในช่วงอายุ 6-7 เดือน เป็นช่วงระยะที่ต้นอ้อยมีการ เจริญเติบโตเร็วที่สุด หลังจากระยะนี้ไปต้นอ้อยจะเจริญเติบโตช้ามาก แต่ต้นอ้อยก็จะเริ่มมีการ สะสมของน้ำตาลไว้ในลำต้นมากขึ้น โรค Rumen acidosis เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบ Metabolism ของร่างกาย โดยสามารถแบ่งลักษณะอาการออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ Acute rumen acidosis จะส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำ เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ไม่กิน อาหาร และอาจจะทำให้โคนมตายได้ในทันที และ Subacute rumen acidosis นั้นจะแสดงอาการ แบบค่อยเป็นค่อยไป นอกจากนั้นยังส่งผลทำให้เกิดโรคอื่น ๆ ตามมาอีกด้วย เช่น โรคท้องอืด (Bloat) , โรคกีบเน่า (Laminitis) เป็นต้น (Hutjens, 1996) ซึ่ง Hibbard et al. (1995), Nocek (1997), Beauchemin (2000) และ Stone (2000) รายงานว่า ระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน กระเพาะหมักต่ำกว่า 5.0 จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Acute rumen acidosis แต่ถ้าหากระดับ pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในกระเพาะหมักอยู่ในช่วง 5.0-5.8 จะส่งผล ทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Subacute rumen acidosis ซึ่งจากผลการทดลอง จะเห็นได้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 ซึ่งได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักเท่ากับ 5.72 จึงส่งผลทำให้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะ เกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Subacute rumen acidosis แต่อย่างไรก็ตามการทดลอง ในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลองในช่วงสั้น ๆ และจากการสังเกตอาการภายนอก ซึ่งสามารถ สังเกตการเกิดโรค Rumen acidosis ได้จากโรคข้างเคียงที่จะเกิดขึ้น เช่น โรคท้องอืด หรือโรค กีบเน่า ซึ่งก็ยังไม่พบอาการดังกล่าว ด้วยเหตุนี้ควรจะมีการศึกษาในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเพื่อสังเกต อาการของโรคข้างเคียงว่าจะแสดงออกมาหรือไม่ ซึ่งต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็น พืชที่มีระดับของน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหั่นหยาบ ดังนั้นถ้าหากจะนำต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมาใช้ในการเลี้ยงโคนม ก็ สามารถที่จะป้องกันการเกิดโรค Rumen acidosis ไว้ล่วงหน้าโดยการเสริม NaHCO_3^- เข้าไปใน อาหาร (Zinn, 1991) เพื่อที่จะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายใน

กระเพาะหมักให้เข้าสู่สภาวะที่สมดุลก่อนนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณในการเสริม NaHCO_3 ก็ควรที่จะศึกษาต่อไปว่าควรเสริมในปริมาณเท่าไรจึงจะเหมาะสม

7.6.2 ปริมาณ Volatile fatty acids (VFAs) ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

ปริมาณ VFAs ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.2 ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate และจากปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate สามารถที่จะบ่งบอกถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ได้ จากรายงานของ Hutjen (1996) พบว่า ในร่างกายโคที่เป็นปกตินั้นจะมีการผลิต Acetate:Propionate ในอัตราส่วนที่มากกว่า 2.2 : 1 แต่ถ้าผลิต Acetate:Propionate ในอัตราส่วนที่ต่ำกว่านี้จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่า โคในกลุ่มการทดลองที่ 1 (2.74) และโคในกลุ่มการทดลองที่ 2 (2.70) นั้น มีอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate มากกว่า 2.2 : 1 จะแสดงให้เห็นว่าโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองจะไม่เกิดโรค Rumen acidosis แต่โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 (0.85) มีอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ต่ำกว่า 2.2 : 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณของ Acetate และ Propionate นั้นให้ผลสอดคล้องกับระดับของค่า pH ที่วัดได้ภายในกระเพาะหมัก ซึ่ง Garrett et al. (1999) พบว่า เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมักลดต่ำกว่า 5.9 ก็จะส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ลดต่ำกว่า 2.2 : 1 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าเมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนลดลง ก็จะส่งผลทำให้การผลิต Acetate และ Propionate เปลี่ยนแปลงไป โดยจะผลิต propionate เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (Hutjen, 1996)

7.7 สรุปผลการทดลอง

การเกิดโรค Rumen acidosis นั้น จะเกิดขึ้นกับโคนมที่ได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการ ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้โคตายได้ในทันที หรือทำให้โคเกิดโรคอื่น ๆ แทรกซ้อนตามมา เช่น โรคท้องอืด (Bloat), โรคกีบเน่า (Laminitis) เป็นต้น ซึ่งลักษณะอาการที่เกิดขึ้นนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมัก ร่วมกับอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ซึ่งจะเห็นได้ว่าโคในกลุ่มที่ได้รับคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะไม่ส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis เช่นเดียวกับโคที่ได้รับหญ้าหมักซึ่งใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากคั่นอ้อยอายุ 6 เดือนหลัง

ผ่านกรรมวิธีในการหมักยังมีระดับของน้ำตาลในปริมาณที่ไม่มากนักเนื่องจากเป็นช่วงที่ต้นอ้อยเจริญเติบโตเร็วที่สุด จึงมีการสะสมของน้ำตาลต่ำ ด้วยเหตุนี้ถือได้ว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้ แต่ในส่วนของโคที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้น จะส่งผลทำให้โคมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดโรค Rumen acidosis แต่อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลองในช่วงสั้น ๆ และจากการสังเกตอาการภายนอก ก็ไม่แสดงให้เห็นอาการของโรคข้างเคียง ด้วยเหตุนี้ควรจะมีการศึกษาในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเพื่อสังเกตอาการของโรคข้างเคียงว่าจะแสดงออกมาหรือไม่ ซึ่งต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นพืชที่มีระดับของน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหญ้าหมัก ดังนั้นถ้าหากจะนำต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมาใช้ในการเลี้ยงโคนม ก็สามารถที่จะป้องกันการเกิดโรค Rumen acidosis ได้ล่วงหน้าโดยการเสริม NaHCO_3^- เข้าไปในอาหาร (Zinn, 1991) เพื่อที่จะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักให้เข้าสู่สภาวะที่สมดุลก่อนนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้เช่นกัน นอกจากนี้ก็ควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณการเสริม NaHCO_3^- ที่เหมาะสมควรเป็นเท่าใด

บทที่ 8

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ต้นอ้อยหมักและต้นอ้อยสดเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับโคนมในช่วงฤดูแล้ง โดยทำการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก, ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาเก็บรักษาแตกต่างกัน, ศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก และศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก ซึ่งพบว่า

1. องค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ และในส่วนของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับหญ้าหมัก ในส่วนของอัตราการย่อยสลายได้วัดดูแห่งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีค่าใกล้เคียงกับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่จะมีค่าต่ำกว่าหญ้าหมัก และในส่วนของอัตราการย่อยสลายโปรตีนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีค่าต่ำที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำนั่นเอง ด้วยเหตุนี้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักจึงมีความเหมาะสมมากกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง และเนื่องจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีคุณค่าทางอาหารต่ำ ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในการเลี้ยงโคนมก็ควรที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อนที่จะนำไปใช้เลี้ยงโครีดนมเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนให้สูงขึ้น เช่น เสริมยูเรียในระดับที่ไม่เกิน 4% หรือเสริมร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในแต่ละท้องถิ่น

2. องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาเก็บรักษาแตกต่างกัน

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง, เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในส่วน เปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL, ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณ lactate นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF จะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น และในส่วนของเปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL และระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้น ซึ่งระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) สอดคล้องกับปริมาณ VFAs ที่วิเคราะห์ได้ และเมื่อนำปริมาณ VFAs มาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินคุณภาพของอาหารหมัก ก็พบว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาการเก็บรักษา 1, 2, 3 และ 4 เดือน จัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

3. ผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

ปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และการกินได้วัตถุดิบที่ได้จากโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และในส่วนของ การกินได้โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งการกินได้โปรตีนและการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 จะไม่แตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 2 แต่จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 แต่ในส่วนของ RDP_{sup} พบว่า โคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ และโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RUP_{sup} เพียงพอต่อความต้องการ ด้วยเหตุนี้หากจะนำต้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมก็ควรจะเสริมยูเรียในระดับไม่เกิน 4 % เพื่อเพิ่มปริมาณ RDP_{sup} ให้เพียงพอต่อความต้องการ หรือเสริมต้นอ้อยร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ

4. ผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

การเกิดโรค Rumen acidosis นั้น จะเกิดขึ้นกับโคนมที่ได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการ ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้โคตายได้ในทันที หรือทำให้โคเกิดโรคอื่น ๆ แทรกซ้อนตามมา เช่น โรคท้องอืด (Bloat), โรคกิบเน่า (Laminitis) เป็นต้น ซึ่งลักษณะอาการที่เกิดขึ้นนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมัก ร่วมกับอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ซึ่งจะเห็นได้ว่าโคในกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะไม่ส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis เช่นเดียวกับโคที่ได้รับหญ้าหมักซึ่งใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักยังมีระดับของน้ำตาลในปริมาณที่ไม่มากนักเนื่องจากเป็นช่วงที่ต้นอ้อยเจริญเติบโตเร็วที่สุด จึงมีการสะสมของน้ำตาลต่ำ ด้วยเหตุนี้ถือได้ว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้ แต่ในส่วนของโคที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้น จะส่งผลทำให้โคมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดโรค Rumen acidosis แต่อย่างไรก็ตามการทดลองในครั้งนี้ใช้ระยะเวลาในการทดลองในช่วงสั้น ๆ และจากการสังเกตอาการภายนอก ก็ไม่แสดงให้เห็นอาการของโรคข้างเคียง ด้วยเหตุนี้ควรจะมีการศึกษาในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเพื่อสังเกตอาการของโรคข้างเคียงว่าจะแสดงออกมาหรือไม่ ซึ่งต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นพืชที่มีระดับของน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และหญ้าหมัก ดังนั้นถ้าหากจะนำต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมาใช้ในการเลี้ยงโคนม ก็สามารถที่จะป้องกันการเกิดโรค Rumen acidosis ไว้ล่วงหน้าโดยการเสริม NaHCO_3^- เข้าไปในอาหาร (Zinn, 1991) เพื่อที่จะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะหมักให้เข้าสู่สภาวะที่สมดุลก่อนนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้เช่นกัน และก็ควรที่จะมีการศึกษาปริมาณของ NaHCO_3^- ว่าควรเสริมในปริมาณเท่าใดร่วมด้วย

ซึ่งจากผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ว่า ต้นอ้อยสามารถนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้แต่จะต้องมีการเสริมวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของโปรตีนร่วมด้วย เช่น กากถั่วเหลือง หรือใช้ต้นอ้อยเลี้ยงโคนมร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยที่นำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมเพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถให้ปริมาณ RDP_{sup} ได้เพียงพอต่อความต้องการ และถ้าหากนำต้นอ้อยที่มีอายุระหว่าง 10-12 เดือน มาใช้เลี้ยงโคนม จะต้องป้องกันการเกิดโรค

Rumen acidosis ร่วมด้วย ทั้งนี้เนื่องจากโคนมที่ได้รับด้นอ้อยอายุ 10-12 เดือนนั้น มีโอกาสที่จะเกิดโรค Rumen acidosis ได้ ดังนั้นก่อนจะนำด้นอ้อยอายุระหว่าง 10-12 เดือนมาใช้เลี้ยงโคนม ควรมีการเสริม NaHCO_3 ซึ่งจะไปทำหน้าที่ในการปรับสมดุลภายในกระเพาะรูเมน เพื่อป้องกันไม่ให้โคนมเกิดโรค Rumen acidosis ได้ ดังนั้นการนำด้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง แต่ควรจะเสริมยูเรียในระดับที่ไม่เกิน 4 % หรือใช้ร่วมกับพืชอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้การนำด้นอ้อยมาใช้เลี้ยงโคนมยังเป็นการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยที่ไม่สามารถส่งด้นอ้อยส่วนหนึ่งเข้าสู่โรงงานน้ำตาล ให้มีรายได้เพิ่มขึ้นอีกทางหนึ่งด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. การทำการวิจัยในครั้งนี้จะใช้อ้อยพันธุ์มากอส ฟิล 63-17 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเป็นพันธุ์อ้อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินทรายและดินร่วนปนทราย จึงเป็นพันธุ์อ้อยที่ปลูกในปริมาณมากในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. ในการทำวิจัยในครั้งนี้ จะใช้ต้นอ้อยสดที่อายุ 10-12 เดือน โดยไม่ผ่านกรรมวิธีในการหมัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อส่งโรงงานน้ำตาลจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม – มีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้งที่โคนมขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำมาเก็บรักษาโดยกรรมวิธีในการหมัก ซึ่งเกษตรกรสามารถตัดสดให้โคนมกินได้ในทันที นอกจากนั้นในช่วงต้นฝน (เม.ย.-พ.ค.) ถึงแม้ว่าพืชอาหารสัตว์ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ แต่ก็ยังมีผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ใช้กันอยู่ในช่วงดังกล่าว ได้แก่ กากสับประรด เปลือกสับประรด เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีความจำเป็นที่จะทำการหมักต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน

3. ในส่วนของต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือน ซึ่งในการตัดต้นอ้อยในช่วงแรกนั้น จะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีพืชอาหารสัตว์อยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องนำมาเก็บรักษาคุณภาพโดยใช้กรรมวิธีในการหมัก เพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง และการตัดต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือนในครั้งที่ 2 นั้น จะอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ก็สามารถที่จะตัดสดนำไปใช้ได้ทันที

4. การป้องกันการเกิดโรค Rumen acidosis จากการที่โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน สามารถทำได้โดยการเสริมบัฟเฟอร์ เช่น NaHCO_3 (Rice and Grant, 1996) ร่วมกับการให้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน โดยการละลายน้ำและฉีดพ่นเข้าไปในต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เนื่องจากบัฟเฟอร์จะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความสมดุลภายในกระเพาะหมัก โดยสามารถเสริมได้ในระดับ 0.75 % (Zinn, 1991) ซึ่งสามารถที่ปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ให้กลับเข้าสู่สภาวะปกติได้ และเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง กลับเข้าสู่สภาวะปกติ ก็จะส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง Acetate : Propionate มีค่าสูงกว่า 2.2 : 1 (Hurley, 1998) เช่นเดียวกัน

รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2546). **ปริมาณโคนมในประเทศ**. URL. <http://www.dld.go.th>.

กรมวิชาการเกษตร. (2545). **อ้อย**. URL. <http://www.doa.go.th/database/fcrop/f77.htm>

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. (2545). **อ้อยและน้ำตาล**. URL. <http://www.doae.go.th/plant/sugar.htm>

ชวนิศนดากร วรวรรณ. (2534). **การเลี้ยงโคนม**. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541). **โภชนศาสตร์สัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 หน้า.

พรชัย ลือวิทย์, บุญฤา วิไลพล และยงยศ ไทรงาม. (2540). การศึกษาอิทธิพลของความยาวของชิ้นหญ้าหมัก. **รายงานการวิจัย**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. (2544). การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปหมัก สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย. **ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)** สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สำนักวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 129 หน้า. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพลิน เมินกระโทก. (2546). การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม. **ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)** สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร สำนักวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 99 หน้า. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มนัส หงษ์พุกภัย. (2539). **ชุดอาหารหยาบด้วยอ้อย**. ว.โคนม : 35-38.

เมธา วรรณพัฒน์. (2540). **มันสำปะหลังเฮย์ (มันเฮย์) อาหารโปรตีนพิเศษสำหรับโคนม**. ว.โคนม : 22-28.

เมธา วรรณพัฒน์ และฉลอง วชิราภากร. (2533). **เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 142 หน้า

วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. (2542). **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

- วีรพล พูนพิพัฒน์, ไกรลาส เชี่ยวทอง และกานดา นาคมนี. (2541). ระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพหญ้าเนเปียร์หมักในทุ่งพลาสติก. รายงานการวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สถาบันพัฒนาฝึกอบรมและงานวิจัยโคนมแห่งชาติ. (2545). งานวิจัยพืชอาหารสัตว์กับการพัฒนาโคนมไทย. URL. <http://www.geocities.com/andld/exhibision/article/Pro19.htm>.
- สายจิม แสงโชติ, ทิพา บุญยะวิโรจ และนวลฉวี กาญจนพิบูลย์. 2536. คุณค่าทางโภชนาของยอดอ้อยหมักผสมใบกระถินในอัตราต่าง ๆ กัน. รายงานการวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2537). พันธุ์อ้อยในประเทศไทย. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. 86 หน้า.
- สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์. (2542). พืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศรันยา วิทยานุภาพยืนยง, จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ และอิสระ กริชาพล. 2536. การศึกษาคุณค่าอาหารและอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด. รายงานการวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2538). รายงานการสำรวจอ้อยโรงงาน รายอำเภอ ปีเพาะปลูก 2537/38 เอกสารเลขที่ 8/2539 พฤศจิกายน 2538.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. 83:1958-1624.
- Andrew, S. W., II. F. Tyrrell, C. K. Reynolds and R. A. Erdman. (1991). Net energy for lactation of calcium salts of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. **Journal of Dairy Science**. 74:2588-2604.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). **Official Method of Analysis**. Washington D.C. p. 1298.
- Bolsen, K., G. Ashbell and J. M. Wilkinson. (1995). **Silage Additive**. In **Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. By Wallee, R.J. and Chesson, A. Weingaim:VCH, Verlagsgesellschaft mbH.
- Beauchemin, K. A. (2000). **Managing rumen fermentation in barley-based diets:balance between high production and acidosis**. URL.

<http://www.afns.ualberta.ca/hosted/wcds/wcd2000/proceeding/chapter11.htm>

- Canale, A., M. E. Valente and A. Ciotti. (1984). Determination of volatile carboxylic and (C₁-C_{5i}) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. . **Journal of the Science, Food and Agriculture**. 35 : 1178-1182.
- Chauhan, T. R. and V. K. Kakkar. (1981). Note on the feeding value of sugarcane-top silage. **Indian Journal of Animal Science**. 51:221-222.
- Claypool, D. W., M. C. Pangborn and H. P. Adams. (1980). Effect dietary of protein on high producing dairy cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**. 63:833.
- Crampton, E. W., L. E. Lloy and V. G. Mackay. (1957). The calorie value of TDN. **Journal of Animal Science**. 16:541-552.
- Creek, M. J., H. A. Squire and J. Mulder. (1976). Fresh sugarcane as a substitute for maize silage in beef cattle rations. **World Review of Animal Production**. 12:35-42.
- Egan, A. R. and R. J. Moir. (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single dose of casein, urea and propionate upon voluntary intake of low protein roughage by sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**. 16:437-449.
- Elliot, R., H. M. Ferreiro, A. Priego and T. R. Preston. (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., H. M. Ferreiro, A. Priego and T. R. Preston. (1978b). Estimate of the quantity of protein escaping degradation in the rumen of steers fed chopped sugarcane, molasses/urea supplemental with varying quantities of rice polishings. **Tropical Animal Production**. 3:37-39.
- Ely, L.O., E. M. Sudweeks and N. J. Moon. (1981). Inoculation with *Lactobacillus plantarum* of alfalfa, corn, sorghum and wheat silages. **Journal of Dairy Science**. 64:2378-2387.

- Ferreiro, H. M., T. R. Preston and T. M. Sutherland. (1977). Investigation of dietary limitations on sugarcane-based diets. **Tropical Animal Production**. 2:56-61.
- Fonnesbeck, P. V., H. Lloyd, R. O Bray and S. Romesburg. (1984). **IFI Tables of Feed Composition**. Utah: International Feedstuffs Institute. 607p.
- Forbes, J. M. (1986). **The Voluntary Food Intake of Farm Animal**. Butterworths. London.
- Frame, J. (1994). **Improve Grassland Management**. Farming press books. United kingdom.
- Garrett, E. F. (1980). Energy utilization by growing cattle as determined by 72 comparative slaughter experiments. **Energy Metab. Proc. Symp.** 26:3-7.
- Garrett, E. F., M. N. Pereira, K. V. Nordlund, L. E. Armentano, W. J. Goodger and G. R. Oetzel. (1999). Diagnostic methods for the detection of subacute ruminal acidosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 82:1170-1178.
- Gaynor, P. J., D. R. Waldo, A. V. Capuca, R. A. Erdman and L. W. Douglass. (1995). Effects of prepubertal growth rate and diet on lipid metabolism in lactating hostein cows. **Journal of Dairy Science**. 78:1534-1543.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. (1970). **Forage Fibre Analysis**. A RS./USDA Agric. Handbook: Wanshington D.C.
- Ha, J. K., R. J. Emerick and L. B. Embry. (1983). In vitro effect of pH variations on rumen fermentation, and in vivo effects of buffers in lambs before and after adaptation to high concentrate diets. **Journal of Animal Science**. 56:698-706.
- Hart, S. P. and J. J. Doyle. (1985). Adaptation of early-weaned lambs to high-concentrate diets with three grain sources, with or without sodium bicarbonate. **Journal of Animal Science**. 61:975-984.
- Hibbard, B., J. P. Peter, S. T. Chester, J. A. Robinson, S. F. Kotarski, W. J. Croom and W. M. Hagler. (1995). The effect of salframine on salivary output and subacute and acute acidosis in growing beef steers. **Journal of Animal Science**. 73:516-525.

- Hulman, B. and T. R. Preston. (1981). *Leucaena leucocephala* as a source of protein for growing animals fed whole sugarcane and urea. **Tropical Animal Production**. 6:318-321.
- Hurley, W. L. (1998). **Nutritional factors affecting milk yield and composition**. URL. <http://www.classes.aces.uiuc.edu/ansci308/factorsnutritional.html>.
- Hutjens, M. F. (1996). **Rumen acidosis**. URL. <http://dairynet.outreach.uiuc.edu/fulltext.cfm?Section=2&documentid=89>
- Kung, L. and R. W. Stanley. (1982). Effect of state of maturity on the nutritive value of whole-plant sugar cane preserved as silage. **Journal of Animal Science**. 54:689-695.
- Lopez, J. M., N. A. Jorgensen, H. J. Larsen and R. P. Niedermeier. (1970). Effect of nitrogen source, stage of maturity, and fermentation time on pH and organic acid production in corn silage. **Journal of Dairy Science**. 53:1225-1232.
- Lopez, J. M., T. R. Preston, T. M. Sutherland, and A. Wilson (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.
- Manynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz and R. G. Warner. (1979). **Animal Nutrition**. 7th. McGraw-Hill, Inc., New York, NY.
- McDonald, P. (1981). **The Biochemistry of Silage**. John Wiley and Sons, Ltd. England.
- McDonald, P., A. R. Henderson and S. J. E. Heron. (1991). **The Biochemistry of Silage**. Marlow Chalcombe Publications. London.
- Meyreles, L., N. A. McLeod and T. R. Preston. (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.
- Moe, P. W. and H. F. Tyrrell. (1972). The net energy value of feeds for lactation. **Journal of Dairy Science**. 55:945-985.
- Nakamura, T., T. J. Klopfenstein and R. A. Britton. (1994). Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. **Journal of Animal Science**. 72 : 1043-1054.

- National Research Council. (1989). **Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 6th Ed.**
National academy press. Washington D.C. 157p.
- National Research Council. (1996). **Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed.**
National academy press. Washington D.C.
- National Research Council. (2001). **Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed.**
National academy press. Washington D.C. 340 p.
- Nocek, J. E. (1997). Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science.** 80:1005-1028.
- Ørskov, E. R. and I. McDonald. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science.** 92:449-503.
- Ørskov, E. R., F. N. D. Hovell and F. Mould . (1980). The use nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Production.** 5 : 195-213.
- Pecina, J. R, J. B. Russel and C. M. J. Yang. (1984). The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane methane production in vitro. **Journal of Dairy Science.** 81:3222-3230.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. (1987). **Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in The Tropics and Sub-Tropics.** Penumbul Books, Armidale, Australia. 245p.
- Preston, T. R., C. Carcano, F. J. Alvarez and D. G. Gutierrez. (1976). Rice polishings as a supplement in a sugarcane diet: effect 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 Utilization of Sugarcane By-Products.** In: Non-Conventional Feed Resources and Fibrous Agricultural Residues: Strategies for Expanded Utilization. pp. 76-93. International Development Research Centre. Indian Council of Agricultural Research.
- Rice, N. D. and R. Grant. (1996). **Dairy cow health and metabolic disease relative to nutritional factors.** URL
<http://www.ianr.unl.edu/pubs/animaldisease/g1032.htm>

- Romo, G. A., D. P. Casper, R. A. Erdman and B. B. Teter. (1996). Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 79:2005-2015.
- Ross, J. G., J. W. Spears and J. D. Garlich. (1994). Dietary electrolyte balance effects on performance and metabolic characteristics in growing steers. **Journal of Animal Science**. 72:1842-1848.
- SAS. (1985). **User's Guide : Statistics**. SAS inst., Inc., Cary, NC.
- Seal, C. J. and D. S. Parker. (1994). Effect of intraruminal propionic acid infusion on metabolism of mesenteric-and portal-drained viscera in growing steers fed a forage diet : i. Volatile fatty acids, glucose, and lactate. **Journal of Animal Science**. 72:1325-1334.
- Sheperd, A. C., M. Maskanka, D. Quinn and L. J. R. Kung. (1995). Additives containing bacteria and enzymes for alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**. 78:565-572.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torries. (1980). **Principles and Procedures of Statistics : A Biometric Approach (2nd Ed)**. McGrawHill : New York.
- Stone, W. C. (2000). **The effect of subclinical rumen acidosis on milk components**.
URL. <http://www.ansci.cornell.edu/tmplobs/board/zoub.pdf>
- Stroud, T. E., J. E. Williams, D. R. Ledoux and J. A. Paterson. (1985). The influence of sodium bicarbonate and dehydrated alfalfa as buffers on steers performance and ruminal characteristics. **Journal of Animal Science**. 60:551-559.
- Suksombat, W. (1996). The effect of feeding 4 different roughage-mixed on dairy cow performances in late lactation. **Suranaree Journal of Technology**. 3(3):139-145.
- Suksombat, W. (2000). Effect of feeding fresh forage and three pelleted roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during the dry season. **Suranaree Journal of Technology**. 6:130.136.
- Swift, B. W. (1957). The caloric value of TDN. **Journal of Animal Science**. 16:1055-1059.

- Tamminga, S. (1979). Protein degradation in the forestomach of ruminants. **Journal of Animal Science**. 74:2696.
- The Pennsylvania State University. (2001). **Carbohydrate nutrition for lactating dairy cattle**. URL. <http://www.das.psu.edu/teamdairy/>
- Thomas, E. E. and M. W. Hall. (1984). Effect of sodium bicarbonate and tetrasodium pyrophosphate upon utilization of concentrate-and-roughage-based cattle diets : cattle studies. **Journal of Animal Science**. 59:1309-1319.
- Tyrrell, JJ. F. and P. W. Moe. (1975). Effect of intake on digestive efficiency. **Journal of Dairy Science**. 58:1151-1163.
- Twehues, J. and D. M. Amaral. (2000). **Subacute acidosis**. URL. <http://www.uky.edu/Agriculture/Animalscience/dairy/extension/nut00034.pdf>.
- Wagner, D. C. and J. K. Loosli. (1967). **Studies on The Energy Requirements of High-Producing Cows**. Memoir 400, Cornell Uni. Agr. Exp. Sta.
- Weiss, W. P., H. R. Conrad and N. R. S. Pierre. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestive nutrient value of forages and concentrates. **Animal Feed Science Technology**. 39:95-110.
- Weiss, W. P., H. R. Conrad and W. L. Shockey. (1983). Predicting digestible protein using acid detergent insoluble nitrogen. **Journal of Dairy Science**. 66 (Suppl.1) : 192 (abstr.).
- Woodford, M. K. (1984). **The Silage Fermentation**. New York Base/ Marcel Dekker.
- Woodford, M. K. (1975a). Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. **Journal of the Science, Food and Agriculture**. 26 : 229-237.
- Zinn, R. A. (1991). Comparative feeding value of steam-flaked corn and sorghum in finishing diets supplemented with or without sodium bicarbonate. **Journal of Animal Science**. 69:905-916.

ภาคผนวก ก

1. การคำนวณพลังงานในอาหาร (Energy from feed) (NRC, 2001)

1.1 พลังงานของหญ้าหมัก

พลังงานจาก NFC

Truly digestible NFC (tdNFC)

$$\begin{aligned}
 &= 0.98(100 - [(NDF - NDICP) + CP + EE + Ash]) \times PAF \\
 &= 0.98(100 - [(50.43 - 5.42) + 6.52 + 2.44 + 10.20]) \\
 &= 35.11 \%
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า PAF มิได้นำมาคำนวณทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบมิได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรืออบด้วยไอน้ำ

พลังงานจากโปรตีน

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible CP for forages (tdCPf)} &= CP \times \exp^{[-1.2 \times (ADICP/CP)]} \\
 &= 6.52 \times \exp^{[-1.2 \times (4.32/6.52)]} \\
 &= 2.94 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจากไขมัน

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible FA (tdFA)} &= EE - 1.0 \\
 &= 2.44 - 1.0 \\
 &= 1.44 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจาก NDF

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (NDF_N - \text{Lignin}) [1 - (\text{Lignin}/NDF_N)^{0.667}] \\
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (45.01 - 5.14) [1 - (5.14/45.01)^{0.667}] \\
 &= 22.88 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TDN_{1X}(\%) &= \text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 2.25) + \text{tdNDF} - 7 \\
 &= 35.11 + 2.94 + (1.44 \times 2.25) + 22.87 - 7 \\
 &= 57.16 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DE_{1X}(\text{Mcal/kg}) &= [(\text{tdNFC}/100) \times 4.2] + [(\text{tdNDF}/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(\text{tdCP}/100) \times 5.6] + [(\text{FA}/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= [(35.11/100) \times 4.2] + [(22.87/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(2.94/100) \times 5.6] + [(1.44/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= 2.44 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Discount} &= [(\text{TDN}_{1X} + [(0.18 \times \text{TDN}_{1X}) - 10.3]) \times \text{Intake}] / \text{TDN}_{1X} \\
 &= [(57.16 - [(0.18 \times 57.16) - 10.3]) \times 2] / 57.16 \\
 &= 1.00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DE_p(\text{Mcal/kg}) &= DE_{1X} \times \text{Discount} \\
 &= 2.44 \times 1.00 \\
 &= 2.44 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ME_p(\text{Mcal/kg}) &= 1.01 \times DE (\text{Mcal/kg}) - 0.45 \\
 &= (1.01 \times 2.44) - 0.45 \\
 &= 2.01 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NE_{LP} (\text{Mcal/kg}) &= [0.703 \times ME_p(\text{Mcal/kg})] - 0.19 \\
 &= (0.703 \times 2.01) - 0.19 \\
 &= 1.22 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{โครีคนมกินหญ้าหมักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.97 kgDM/day} \\
 NE_{Lp} &= 5.97 \text{ kgDM} \times 1.22 \text{ Mcal/kg} \\
 &= 7.28 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

1.2 พลังงานของอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก พลังงานจาก NFC

Truly digestible NFC (tdNFC)

$$\begin{aligned}
 &= 0.98(100-[(\text{NDF} - \text{NDICP}) + \text{CP} + \text{EE} + \text{Ash}]) \times \text{PAF} \\
 &= 0.98(100-[(67.07-5.47) + 6.50 + 2.32 + 4.92]) \\
 &= 24.17 \%
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า PAF มีได้นำมาคำนวณทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบมีได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรืออบด้วยไอน้ำ

พลังงานจากโปรตีน

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible CP for forages (tdCPf)} &= \text{CP} \times \exp^{[-1.2 \times (\text{ADICP}/\text{CP})]} \\
 &= 6.50 \times \exp^{[-1.2 \times (4.50/6.50)]} \\
 &= 2.83 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจากไขมัน

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible FA (tdFA)} &= \text{EE} - 1.0 \\
 &= 2.32 - 1.0 \\
 &= 1.32 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจาก NDF

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (\text{NDF}_N - \text{Lignin}) [1 - (\text{Lignin}/\text{NDF}_N)^{0.667}] \\
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (61.60 - 6.41) [1 - (6.41/61.60)^{0.667}] \\
 &= 32.25 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TDN}_{1X}(\%) &= \text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 2.25) + \text{tdNDF} - 7 \\
 &= 24.17 + 2.83 + (1.32 \times 2.25) + 32.24 - 7 \\
 &= 55.21 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DE}_{1X}(\text{Mcal/kg}) &= [(\text{tdNFC}/100) \times 4.2] + [(\text{tdNDF}/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(\text{tdCP}/100) \times 5.6] + [(\text{FA}/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= [(24.17/100) \times 4.2] + [(32.24/100) \times 4.2] + [\\
 &\quad (2.83/100) \times 5.6] + [(1.32/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= 2.35 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\text{Discount} = [(\text{TDN}_{1X} + [(0.18 \times \text{TDN}_{1X}) - 10.3] \times \text{Intake})] / \text{TDN}_{1X}$$

$$= [(55.21 - [(0.18 \times 55.21) - 10.3] \times 2)] / 55.21$$

$$= 1.01$$

$$\text{DE}_p(\text{Mcal/kg}) = \text{DE}_{1X} \times \text{Discount}$$

$$= 2.35 \times 1.01$$

$$= 2.37 \text{ Mcal/kg}$$

$$\text{ME}_p(\text{Mcal/kg}) = 1.01 \times \text{DE} (\text{Mcal/kg}) - 0.45$$

$$= (1.01 \times 2.37) - 0.45$$

$$= 1.94 \text{ Mcal/kg}$$

$$\text{NE}_p(\text{Mcal/kg}) = [0.703 \times \text{ME}_p(\text{Mcal/kg})] - 0.19$$

$$= (0.703 \times 1.94) - 0.19$$

$$= 1.17 \text{ Mcal/kg}$$

โครีคนมกินอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 kgDM/day

$$\text{NE}_{Lp} = 5.90 \text{ kgDM} \times 1.17 \text{ Mcal/kg}$$

$$= 6.93 \text{ Mcal/kg}$$

1.3 พลังงานของอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน

พลังงานจาก NFC

Truly digestible NFC (tdNFC)

$$= 0.98(100 - [(NDF - \text{NDICP}) + \text{CP} + \text{EE} + \text{Ash}]) \times \text{PAF}$$

$$= 0.98(100 - [(77.15 - 2.65) + 3.68 + 1.84 + 3.37])$$

$$= 16.28 \%$$

หมายเหตุ ค่า PAF มิได้นำมาคำนวณทั้งนี้เนื่องจากวัตถุดิบมิได้ผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรืออบด้วยไอน้ำ

พลังงานจากโปรตีน

$$\text{True digestible CP for forages (tdCPf)} = \text{CP} \times \exp^{-1.2 \times (\text{ADICP}/\text{CP})}$$

$$= 3.68 \times \exp^{-1.2 \times (1.64/3.68)}$$

$$= 2.16 \%$$

พลังงานจากไขมัน

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible FA (tdFA)} &= \text{EE} - 1.0 \\
 &= 1.84 - 1.0 \\
 &= 0.84 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจาก NDF

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (\text{NDF}_N - \text{Lignin}) [1 - (\text{Lignin}/\text{NDF}_N)^{0.667}] \\
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (74.5 - 7.53) [1 - (7.53/74.5)^{0.667}] \\
 &= 39.34 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TDN}_{1X}(\%) &= \text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 2.25) + \text{tdNDF} - 7 \\
 &= 16.28 + 2.16 + (0.84 \times 2.25) + 39.34 - 7 \\
 &= 52.67 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DE}_{1X}(\text{Mcal/kg}) &= [(\text{tdNFC}/100) \times 4.2] + [(\text{tdNDF}/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(\text{tdCP}/100) \times 5.6] + [(\text{FA}/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= [(16.29/100) \times 4.2] + [(39.34/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(2.15/100) \times 5.6] + [(0.84/100) \times 5.6] - 0.3 \\
 &= 2.24 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Discount} &= [(\text{TDN}_{1X} + [(0.18 \times \text{TDN}_{1X}) - 10.3]) \times \text{Intake}] / \text{TDN}_{1X} \\
 &= [(52.67 - [(0.18 \times 52.67) - 10.3]) \times 2] / 52.67 \\
 &= 1.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DE}_p(\text{Mcal/kg}) &= \text{DE}_{1X} \times \text{Discount} \\
 &= 2.24 \times 1.03 \\
 &= 2.31 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ME}_p(\text{Mcal/kg}) &= 1.01 \times \text{DE}_p(\text{Mcal/kg}) - 0.45 \\
 &= (1.01 \times 2.31) - 0.45 \\
 &= 1.88 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NE}_p(\text{Mcal/kg}) &= [0.703 \times \text{ME}_p(\text{Mcal/kg})] - 0.19 \\
 &= (0.703 \times 1.88) - 0.19 \\
 &= 1.13 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

โครีดนมกินต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน โดยเฉลี่ยเท่ากับ 5.55 kgDM/day

$$\begin{aligned}
 \text{NE}_{Lp} &= 5.55 \text{ kgDM} \times 1.13 \text{ Mcal/kg} \\
 &= 6.27 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

1.4 พลังงานของอาหารชั้น 17% โปรตีน

พลังงานจาก NFC

Truly digestible NFC (tdNFC)

$$\begin{aligned}
 &= 0.98(100 - [(NDF - NDICP) + CP + EE + Ash]) \times PAF \\
 &= 0.98(100 - [(40.55 - 16.08) + 17.09 + 4.97 + 5.21]) \times 1 \\
 &= 47.29 \%
 \end{aligned}$$

หมายเหตุ ค่า PAF มีค่าเท่ากับ 1

พลังงานจากโปรตีน

True digestible CP for Concentrate (tdCpC)

$$\begin{aligned}
 &= [1 - (0.4 \times (ADICP/CP))] \times CP \\
 &= [1 - (0.4 \times (15.00/17.10))] \times 17.10 \\
 &= 11.10 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจากไขมัน

Truly digestible FA (tdFA)

$$\begin{aligned}
 &= EE - 1.0 \\
 &= 4.97 - 1.0 \\
 &= 3.97 \%
 \end{aligned}$$

พลังงานจาก NDF

$$\begin{aligned}
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (NDF_N - \text{Lignin}) [1 - (\text{Lignin}/NDF_N)^{0.667}] \\
 \text{True digestible NDF (tdNDF)} &= 0.75 \times (24.47 - 4.36) [1 - (4.36/24.47)^{0.667}] \\
 &= 10.31 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TDN_{1X}(\%) &= tdNFC + tdCP + (tdFA \times 2.25) + tdNDF - 7 \\
 &= 47.29 + 11.10 + (3.97 \times 2.25) + 10.31 - 7 \\
 &= 70.63 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DE_{1X}(\text{Mcal/kg}) &= [(tdNFC/100) \times 4.2] + [(tdNDF/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(tdCP/100) \times 5.6] + [(FA/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= [(47.29/100) \times 4.2] + [(10.31/100) \times 4.2] + \\
 &\quad [(11.10/100) \times 5.6] + [(3.97/100) \times 9.4] - 0.3 \\
 &= 3.11 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Discount} &= [(TDN_{1X} + [(0.18 \times TDN_{1X}) - 10.3]) \times \text{Intake}] / TDN_{1X} \\
 &= [(70.63 - [(0.18 \times 70.63) - 10.3]) \times 2] / 70.63 \\
 &= 0.93
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DE_p(\text{Mcal/kg}) &= DE_{1X} \times \text{Discount} \\
 &= 3.11 \times 0.93 \\
 &= 2.89 \text{ Mcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$ME_p(\text{Mcal/kg}) = [1.01 \times (DE_p) - 0.45] + 0.0046 \times (EE - 3)$$

$$= [(1.01 \times 2.89) - 0.45] + 0.0046 \times (4.97 - 3)$$

$$= 2.48 \text{ Mcal/kg}$$

$$\text{NE}_p(\text{Mcal/kg}) = 0.703 \times \text{ME}_p - 0.19 + [(0.0097 \times \text{ME}_p + 0.19)/97] \times [\text{EE} - 3]$$

$$= 0.703 \times 2.48 - 0.19 + [(0.0097 \times 2.48 + 0.19)/97] \times [4.97 - 3]$$

$$= 1.56 \text{ Mcal/kg}$$

โครีดนมกินอาหารชั้น 17%โปรตีน โดยเฉลี่ยเท่ากับ 7.14 kgDM/day

$$\text{NE}_{Lp} = 7.14 \text{ kgDM} \times 1.56 \text{ Mcal/kg}$$

$$= 11.12 \text{ Mcal/kg}$$

2. การคำนวณความต้องการพลังงาน (Energy Requirement) และโปรตีน Protein Requirement ของโครีดนม (NRC, 2001)

2.1 การคำนวณความต้องการพลังงาน

2.1.1 กลุ่มการทดลองที่ 1 โครีดนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 %โปรตีน

โครีดนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 423.75 kgLW ($93.40 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.47 kg นำนมมีไขมัน 3.70% และโปรตีน 2.47% โครีดนมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.2173 กิโลกรัม มีค่า BCS 3.5

$$NE_{LR} = NE_{LM} + NE_{LG} + NE_{LL}$$

$$\begin{aligned} NE_{LM}(\text{Mcal/kg}) &= 0.08 \times (\text{Live Weight})^{0.75} \\ &= 0.08 \times 93.40 \\ &= 7.47 \text{ Mcal/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NE_{LG}(\text{Mcal/kg}) &= \text{Reserve Energy} \times 0.82 \\ \text{Reserve Energy} &= (\text{Proportion of empty body fat} \times 9.4) + \\ &\quad (\text{Proportion of empty Body protein} \times 5.5) \\ \text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times \text{BCS}(9) \\ \text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - [0.0066762 \times \text{BCS}(9)] \\ \text{BCS}(9) &= ((\text{Dairy BCS} - 1) \times 2) + 1 \\ &= ((3.5 - 1) \times 2) + 1 \\ &= 6 \\ \text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times 6 \\ &= 0.226098 \\ \text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - (0.0066762 \times 6) \\ &= 0.1608288 \\ \text{Reserve Energy} &= (0.226098 \times 9.4) + (0.1608288 \times 5.5) \\ &= 3.01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NE_{LG}(\text{Mcal/kg loss}) &= 3.01 \times 0.82 \times 0.21730 \text{ (kg/d)} \\
 &= 0.54 \text{ Mcal/day} \\
 NE_{LL}(\text{Mcal/kg}) &= (0.0929 \times \text{Fat}\%) + (0.0547 \times \text{Crude Protein}\%) + 0.192 \\
 &= [(0.0929 \times 3.70) + (0.0547 \times 2.47) + 0.192] \times 12.47 \text{ (kg milk/d)} \\
 &= 8.37 \text{ Mcal/day} \\
 NE_{LR} &= 7.47 - 0.54 + 8.37 \\
 &= 15.30 \text{ Mcal/day}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นโครีดนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ซึ่งได้รับหญ้าหมักร่วมกับอาหารชั้น 17%CP จะมีความต้องการพลังงานในรูปของ NE ทั้งหมดเท่ากับ 15.30 Mcal/day

จะเห็นว่าความต้องการพลังงานในรูปของ NE ของตัวโคเท่ากับ 15.30 Mcal/day แต่ในอาหารตามกลุ่มการทดลองที่ 1 มีพลังงานในรูปของ NE เท่ากับ 18.40 Mcal/day นั่นคือโครีดนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับพลังงานในรูป NE เกินเท่ากับ 3.10 Mcal/day

2.1.2 กลุ่มการทดลองที่ 2 โครีดนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารชั้น 17 % โปรตีน

โครีดนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 430.63 kgLW ($94.53 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.33 kg นำนมมีไขมัน 3.69% และโปรตีน 2.55% โครีดนมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.0119 กิโลกรัม มีค่า BCS 3.5

$$\begin{aligned}
 NE_{LR} &= NE_{LM} + NE_{LG} + NE_{LL} \\
 NE_{LM}(\text{Mcal/kg}) &= 0.08 \times (\text{Live Weight})^{0.75} \\
 &= 0.08 \times 94.53 \\
 &= 7.56 \text{ Mcal/day}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NE_{LG}(\text{Mcal/kg}) &= \text{Reserve Energy} \times (0.65/0.75) \\
\text{Reserve Energy} &= (\text{Proportion of empty body fat} \times 9.4) + \\
&\quad (\text{Proportion of empty Body protein} \times 5.5) \\
\text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times \text{BCS}(9) \\
\text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - [0.0066762 \times \text{BCS}(9)] \\
\text{BCS}(9) &= ((\text{Dairy BCS} - 1) \times 2) + 1 \\
&= ((3.5 - 1) \times 2) + 1 \\
&= 6 \\
\text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times 6 \\
&= 0.226098 \\
\text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - (0.0066762 \times 6) \\
&= 0.1608288 \\
\text{Reserve Energy} &= (0.226098 \times 9.4) + (0.1608288 \times 5.5) \\
&= 3.01 \\
NE_{LG}(\text{Mcal/kg loss}) &= 3.01 \times 0.86 \times 0.0119 (\text{kg/d}) \\
&= 0.03 \text{ Mcal/day} \\
NE_{LL}(\text{Mcal/kg}) &= (0.0929 \times \text{Fat}\%) + (0.0547 \times \text{Crude Protein}\%) + 0.192 \\
&= [(0.0929 \times 3.69) + (0.0547 \times 2.55) + 0.192] \times 12.33(\text{kg milk/d}) \\
&= 8.31 \text{ Mcal/day} \\
NE_{LR} &= 7.56 - 0.03 + 8.31 \\
&= 15.84 \text{ Mcal/day}
\end{aligned}$$

ดังนั้นโครีดนมในกลุ่มที่ 2 ซึ่งได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17%CP จะมีความต้องการพลังงานในรูปของ NE ทั้งหมดเท่ากับ 15.84 Mcal/day

จะเห็นว่าความต้องการพลังงานในรูปของ NE ของตัวโคเท่ากับ 15.84 Mcal/day แต่ในอาหารตามกลุ่มการทดลองที่ 2 มีพลังงานในรูปของ NE เท่ากับ 18.05 Mcal/day นั่นคือโครีดนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับพลังงานในรูป NE เกินเท่ากับ 2.21 Mcal/day

2.1.3 กลุ่มการทดลองที่ 3 โครีดนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 % โปรตีน

โครีดนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 443.00 kgLW ($96.56 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.26 kg นำนมมีไขมัน 3.49% และโปรตีน 2.39% โครีดนมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.03274 กิโลกรัม มีค่า BCS 3.5

$$NE_{LR} = NE_{LM} + NE_{LG} + NE_{LL}$$

$$\begin{aligned} NE_{LM}(\text{Mcal/kg}) &= 0.08 \times (\text{Live Weight})^{0.75} \\ &= 0.08 \times 96.56 \\ &= 7.72 \text{ Mcal/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NE_{LG}(\text{Mcal/kg}) &= \text{Reserve Energy} \times (0.65/0.75) \\ \text{Reserve Energy} &= (\text{Proportion of empty body fat} \times 9.4) + \\ &\quad (\text{Proportion of empty Body protein} \times 5.5) \\ \text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times \text{BCS}(9) \\ \text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - [0.0066762 \times \text{BCS}(9)] \\ \text{BCS}(9) &= ((\text{Dairy BCS} - 1) \times 2) + 1 \\ &= ((3.5 - 1) \times 2) + 1 \\ &= 6 \\ \text{Proportion of empty body fat} &= 0.037683 \times 6 \\ &= 0.226098 \\ \text{Proportion of empty body protein} &= 0.20086 - (0.0066762 \times 6) \\ &= 0.1608288 \\ \text{Reserve Energy} &= (0.226098 \times 9.4) + (0.1608028 \times 5.5) \\ &= 3.01 \\ NE_{LG}(\text{Mcal/kg gain}) &= 3.01 \times 0.86 \times 0.03274 \text{ (kg/d)} \\ &= 0.08 \text{ Mcal/day} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NE_{LL}(\text{Mcal/kg}) &= (0.0929 \times \text{Fat}\%) + (0.0547 \times \text{Crude Protein}\%) + 0.192 \\
 &= [(0.0929 \times 3.49) + (0.0547 \times 2.39) + 0.192] \times 12.26(\text{kg milk/d}) \\
 &= 7.93 \text{ Mcal/day} \\
 NE_{LR} &= 7.72 - 0.08 + 7.93 \\
 &= 15.57 \text{ Mcal/day}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นโครีดนมในกลุ่มที่ 3 ซึ่งได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17%CP จะมีความต้องการพลังงานในรูปของ NE ทั้งหมดเท่ากับ 15.57 Mcal/day

จะเห็นได้ว่าความต้องการพลังงานในรูปของ NE ของตัวโคเท่ากับ 15.57 Mcal/day แต่ในอาหารตามกลุ่มการทดลองที่ 3 มีพลังงานในรูปของ NE เท่ากับ 17.39 Mcal/day นั่นคือโครีดนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับพลังงานในรูป NE เกินเท่ากับ 1.82 Mcal/day

2.2 ความต้องการโปรตีน (Protein Requirement)

2.2.1 กลุ่มการทดลองที่ 1 โครีดนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 % โปรตีน

โครีดนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 423.75 kgLW ($93.40 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.47 kg นำนมมีไขมัน 3.70% และโปรตีน 2.47 % โครีดนมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.2173 กิโลกรัม BCS 3.5

$$\begin{aligned}
 MP_R &= MP_M + MP_G + MP_L \\
 MP_M(\text{g/d}) &= MP_u + MP_{sh} + MP_{MFP} \\
 MP_u &= UPN/0.67 \\
 UPN(\text{g/d}) &= 2.75 \times (\text{Live weight})^{0.5} \\
 MP_u &= [2.75 \times (423.75^{0.5})]/0.67 \\
 &= 84.49
 \end{aligned}$$

	MP_{sh}	=	$SPN/0.67$
	SPN	=	$0.2 \times (\text{Live weight})^{0.6}$
	MP_{sh}	=	$[0.2 \times (423.75^{0.6})]/0.67$
		=	11.25
	MP_{MFP}	=	$MFP - (\text{bacteria} + \text{bacterial debris in Cecum, large intestine} + \text{keratinized Cell} + \text{others})$
	$MFP(g/d)$	=	$30 \times \text{Dry matter intake (kg.)}$
	MP_{MFP}	=	$[(DMI(kg) \times 30) - 0.50((\text{Bact MP}/0.8) - \text{Bact MP})] + \text{Endo MP}/0.67$
เมื่อ	$\text{Endo MP}(g/d)$	=	$0.4 \times 1.9 \times DMI(kg) \times 6.25$
		=	$0.4 \times 1.9 \times 13.11 \times 6.25$
		=	62.27
	$\text{Bact MP}(g/d)$	=	0.64 MCP
	MCP	=	0.85 gRDP_{req}
	$RDP_{req}(\text{หญ้าหมัก})$	=	$0.15294 \times TDN_{Act \text{ ual}}$
	$TDN_{Act \text{ Total}}(\text{หญ้าหมัก})$	=	$DMI(kg) \times \%TDN \times 1000$
	$RDP_{req}(\text{หญ้าหมัก})$	=	$0.15294 \times (5.97 \text{ kg} \times 0.5716 \times 1000)$
		=	521.90 g/d
	$RDP_{req}(\text{อาหารข้น})$	=	$0.15294 \times TDN_{Act \text{ Total}}$
	$TDN_{Act \text{ Total}}(\text{อาหารข้น})$	=	$DMI(kg) \times \%TDN \times 1000$
	$RDP_{req}(\text{อาหารข้น})$	=	$0.15294 \times (7.14 \text{ kg} \times 0.7063 \times 1000)$
		=	771.27 g/d
	RDP_{req}	=	$RDP_{req}(\text{หญ้าหมัก}) + RDP_{req}(\text{อาหารข้น})$
		=	$521.90 + 771.27$
		=	1293.17 g/d
	MCP	=	0.85×1293.17
		=	1099.20
	$MP_{Bact}(g/d)$	=	1099.20×0.64
		=	703.49
	$MP_{End}(g/d)$	=	$0.4 \times (1.9 \times 13.11 \times 6.25)$
		=	62.27

โดย

$$\begin{aligned}
 MP_{MFP} \text{ (g/d)} &= [(DMI(\text{kg}) \times 30) - 0.50((Bact \text{ MP}/0.8) - Bact \text{ MP})] + Endo \text{ MP}/0.67 \\
 &= [(13.11 \times 30) - 0.50((703.49/0.8) - 703.49)] + 62.27/0.67 \\
 &= 398.30 \\
 MP_M \text{ (g/d)} &= MP_u + MP_{sh} + MP_{MFP} \\
 &= 84.49 + 11.25 + 398.30 \\
 &= 494.04 \text{ g/d} \\
 MP_G \text{ (g/d)} &= NP_g/EffMP_NP_g \\
 NP_g \text{ (g/d)} &= SWG \times (268 - (29.4 \times (RE/SWG))) \\
 RE \text{ (Mcal)} &= 0.0635 \times EQEBW^{0.75} \times EQEBG^{1.097} \\
 EQEBW &= 0.891 \times EQSBW \\
 EQSBW &= SBW \times (478/MSBW) \\
 SBW &= \text{Shrunk body weight} \\
 &= 0.96 \times BW \\
 &= 0.96 \times 423.75 \text{ kgLW} \\
 &= 406.80 \text{ kgLW} \\
 MSBW &= \text{Mature shrunk body weight} \\
 &= 500 \text{ kgLW (โคนมลูกผสม Holstein friesian ในประเทศไทย)} \\
 EQSBW &= 406.80 \times (478/500) \\
 &= 388.90 \text{ kgLW} \\
 EQEBW &= 0.891 \times 388.90 \\
 &= 346.51 \text{ kgLW} \\
 EQEBG &= 0.956 \times SWG \\
 &= 0.956 \times 0.2173 \\
 &= 0.21 \text{ kgLW} \\
 RE \text{ (Mcal/d)} &= 0.0635 \times 346.51^{0.75} \times 0.21^{1.097} \\
 &= 0.91 \text{ Mcal/d} \\
 NP_g &= 0.2173 \times (268 - (29.4 \times (0.91/0.2173))) \\
 &= 31.48 \text{ g/d} \\
 EffMP_NP_g &= (83.4 - (0.114 \times EQSBW))/100 \\
 &= (83.4 - (0.114 \times 388.90))/100 \\
 &= 0.39 \\
 MP_G \text{ (g/d)} &= 31.48/0.39 \\
 &= 80.72 \text{ g/d} \\
 MP_L \text{ (g/d)} &= (Yprotn/0.67) \times 1000 \\
 Yprotn \text{ (kg/d)} &= \text{Milk production (kg/d)} \times (\text{Milk true protein}/100) \\
 &= 12.47 \text{ (kg/d)} \times (2.47/100) \\
 &= 0.31 \text{ kg/d} \\
 MP_L \text{ (g/d)} &= (0.31/0.67) \times 1000 \\
 &= 462.69 \text{ g/d} \\
 MP_R \text{ (g/d)} &= 494.04 - 80.72 + 462.69 \\
 &= 875.81 \text{ g/d} \\
 MP_{req} &= MP_{Bact} + MP_{RUP} + MP_{Endo}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MP_{RUP} &= MP_{req} - (MP_{Bact} + MP_{End}) \\
 &= 875.81 - (703.49 + 62.27) \\
 &= 110.05 \text{ g/d} \\
 0.8RUP_{req} &= \text{total digest RUP} \\
 0.66 \times \text{total digest RUP} &= MP_{RUP} \\
 \text{total digest RUP} &= 110.05/0.66 \\
 &= 166.74 \\
 \text{total digest RUP} &= 0.8RUP_{req} \\
 RUP_{req} &= 166.74/0.8 \\
 &= 208.43 \\
 CP_{req} &= RDP_{req} + RUP_{req} \\
 &= 1293.17 + 208.43 \\
 &= 1501.60 \text{ g} \\
 \text{ซึ่งในอาหาร} \quad RDP_{sup}(\text{หญ้าหมัก}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
 &\quad CP_RDP \\
 &= 5.97 \times 1000 \times (6.52/100) \times 0.5837 \\
 &= 227.39 \text{ g/d} \\
 RDP_{sup}(\text{อาหารขึ้น}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
 &\quad CP_RDP \\
 &= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \times 0.8068 \\
 &= 984.48 \text{ g/d} \\
 RDP_{sup} &= RDP_{sup}(\text{หญ้าหมัก}) + RDP_{sup}(\text{อาหารขึ้น}) \\
 &= 227.39 + 984.48 \\
 &= 1211.87 \text{ g/d} \\
 CPTotal(\text{หญ้าหมัก}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
 &= 5.97 \times 1000 \times (6.52/100) \\
 &= 389.24 \text{ g/d} \\
 CPTotal(\text{อาหารขึ้น}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
 &= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \\
 &= 1220.23 \text{ g/d} \\
 CPTotal &= CPTotal(\text{หญ้าหมัก}) + CPTotal(\text{อาหารขึ้น}) \\
 &= 389.24 + 1220.23 \\
 &= 1609.47 \text{ g/d} \\
 RUP_{sup} &= CPTotal - RDP_{sup} \\
 &= 1609.47 - 1225.00 \\
 &= 384.47 \text{ g/d}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อคำนวณความต้องการโปรตีนจากตัวโคเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และคำนวณโปรตีนในอาหารแล้วพบว่า ความต้องการโปรตีนของโค Crude Protein เท่ากับ 1501.60 กรัม/

วัน, RDP เท่ากับ 1293.17 กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 208.43 กรัม/วัน ส่วนโปรตีนในอาหาร Crude Protein เท่ากับ 1609.47 กรัม/วัน, RDP เท่ากับ 1211.87 กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 384.47 กรัม/วัน ซึ่งโคในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับ Crude Protein เกินเท่ากับ 107.87 กรัม/วัน, RDP ขาดเท่ากับ 81.30 กรัม/วัน และ RUP เกินเท่ากับ 176.04 กรัม/วัน

2.2.2 กลุ่มการทดลองที่ 2 โครีดนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 % โปรตีน

โครีดนมมีน้ำหนักเฉลี่ย 430.63 kgLW ($94.53 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.33 kg นำนมมีไขมัน 3.69 % และโปรตีน 2.55 % โครีดนมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.0119 กิโลกรัม มีค่า BCS 3.5

MP_R	=	$MP_M + MP_G + MP_L$
$MP_M(\text{g/d})$	=	$MP_u + MP_{sh} + MP_{MFP}$
MP_u	=	$UPN/0.67$
$UPN(\text{g/d})$	=	$2.75 \times (\text{Live weight})^{0.5}$
MP_u	=	$[2.75 \times (430.63^{0.5})]/0.67$
	=	85.17
MP_{sh}	=	$SPN/0.67$
SPN	=	$0.2 \times (\text{Live weight})^{0.6}$
MP_{sh}	=	$[0.2 \times (430.63^{0.6})]/0.67$
	=	11.36
MP_{MFP}	=	$MFP - (\text{bacteria} + \text{bacterial debris in Cecum, large intestine} + \text{keratinized Cell} + \text{others})$
$MFP(\text{g/d})$	=	$30 \times \text{Dry matter intake (kg.)}$
MP_{MFP}	=	$[(DMI(\text{kg}) \times 30) - 0.50((\text{Bact MP}/0.8) - \text{Bact MP})] + \text{Endo MP}/0.67$
เมื่อ	$\text{Endo MP}(\text{g/d})$	= $0.4 \times 1.9 \times DMI (\text{kg}) \times 6.25$
		= $0.4 \times 1.9 \times 13.04 \times 6.25$

$$\begin{aligned}
&= 61.94 \\
\text{Bact MP(g/d)} &= 0.64 \text{ MCP} \\
\text{MCP} &= 0.85 \text{ gRDP}_{\text{req}} \\
\text{RDP}_{\text{req}}(\text{อ้อยหมัก}) &= 0.15294 \times \text{TDN}_{\text{Act}} \text{ Total} \\
\text{TDN}_{\text{Act}} \text{ Total (อ้อยหมัก)} &= \text{DMI(kg)} \times \% \text{TDN} \times 1000 \\
\text{RDP}_{\text{req}}(\text{อ้อยหมัก}) &= 0.15294 \times (5.90 \text{ kg} \times 0.5521 \times 1000) \\
&= 498.19 \text{ g/d} \\
\text{RDP}_{\text{req}}(\text{อาหารข้น}) &= 0.15294 \times \text{TDN}_{\text{Act}} \text{ Total} \\
\text{TDN}_{\text{Act}} \text{ Total (อาหารข้น)} &= \text{DMI(kg)} \times \% \text{TDN} \times 1000 \\
\text{RDP}_{\text{req}}(\text{อาหารข้น}) &= 0.15294 \times (7.14 \text{ kg} \times 0.7063 \times 1000) \\
&= 771.27 \text{ g/d} \\
\text{RDP}_{\text{req}} &= \text{RDP}_{\text{req}}(\text{อ้อยหมัก}) + \text{RDP}_{\text{req}}(\text{อาหารข้น}) \\
&= 498.17 + 771.27 \\
&= 1269.44 \text{ g/d} \\
\text{MCP} &= 0.85 \times 1269.44 \\
&= 1079.02 \\
\text{MP}_{\text{Bact}}(\text{g/d}) &= 1079.02 \times 0.64 \\
&= 690.58 \\
\text{MP}_{\text{End}}(\text{g/d}) &= 0.4 \times (1.9 \times 13.04 \times 6.25) \\
&= 61.94 \\
\text{MP}_{\text{MFP}}(\text{g/d}) &= [(\text{DMI(kg)} \times 30) - 0.50((\text{Bact MP}/0.8) - \text{Bact MP})] + \text{Endo MP}/0.67 \\
&= [(13.04 \times 30) - 0.50((690.58/0.8) - 690.58)] + 61.94/0.67 \\
&= 397.33 \\
\text{MP}_{\text{M}}(\text{g/d}) &= \text{MP}_{\text{u}} + \text{MP}_{\text{sh}} + \text{MP}_{\text{MFP}} \\
&= 85.17 + 11.36 + 397.33 \\
&= 493.86 \text{ g/d}
\end{aligned}$$

โดย

$$\begin{aligned}
 MP_G(\text{g/d}) &= NP_g/\text{EffMP_}NP_g \\
 NP_g(\text{g/d}) &= \text{SWG} \times (268 - (29.4 \times (\text{RE}/\text{SWG}))) \\
 \text{RE}(\text{Mcal}) &= 0.0635 \times \text{EQEBW}^{0.75} \times \text{EQEBG}^{1.097} \\
 \text{EQEBW} &= 0.891 \times \text{EQSBW} \\
 \text{EQSBW} &= \text{SBW} \times (478/\text{MSBW})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SBW} &= \text{Shrunk body weight} \\
 &= 0.96 \times \text{BW} \\
 &= 0.96 \times 430.63 \text{ kgLW} \\
 &= 413.40 \text{ kgLW} \\
 \text{MSBW} &= \text{Mature shrunk body weight} \\
 &= 500 \text{ kgLW (โคนมลูกผสม Holstein friesian} \\
 &\quad \text{ในประเทศไทย)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{EQSBW} &= 413.40 \times (478/500) \\
 &= 395.21 \text{ kgLW} \\
 \text{EQEBW} &= 0.891 \times 395.21 \\
 &= 352.13 \text{ kgLW} \\
 \text{EQEBG} &= 0.956 \times \text{SWG} \\
 &= 0.956 \times 0.0119 \\
 &= 0.01 \text{ kgLW} \\
 \text{RE (Mcal/d)} &= 0.0635 \times 352.13^{0.75} \times 0.01^{1.097} \\
 &= 0.04 \text{ Mcal/d} \\
 NP_g &= 0.0119 \times (268 - (29.4 \times (0.04/0.0119))) \\
 &= 2.31 \text{ g/d} \\
 \text{EffMP_}NP_g &= (83.4 - (0.114 \times \text{EQSBW}))/100 \\
 &= (83.4 - (0.114 \times 395.21))/100 \\
 &= 0.38 \\
 MP_G(\text{g/d}) &= 2.31/0.38 \\
 &= 6.08 \text{ g/d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
MP_L \text{ (g/d)} &= (Y_{\text{protn}}/0.67) \times 1000 \\
Y_{\text{protn}} \text{ (kg/d)} &= \text{Milk production (kg/d)} \times (\text{Milk true protein}/100) \\
&= 12.33 \text{ (kg/d)} \times (2.55/100) \\
&= 0.31 \text{ kg/d} \\
MP_L \text{ (g/d)} &= (0.31/0.67) \times 1000 \\
&= 462.69 \text{ g/d} \\
\\
MP_R \text{ (g/d)} &= 493.86 - 6.08 + 462.69 \\
&= 950.47 \text{ g/d} \\
MP_{\text{req}} &= MP_{\text{Bact}} + MP_{\text{RUP}} + MP_{\text{Endo}} \\
MP_{\text{RUP}} &= MP_{\text{req}} - (MP_{\text{Bact}} + MP_{\text{Endo}}) \\
&= 950.47 - (690.58 + 61.94) \\
&= 197.95 \text{ g/d} \\
0.8RUP_{\text{req}} &= \text{total digest RUP} \\
0.66 \times \text{total digest RUP} &= MP_{\text{RUP}} \\
\text{total digest RUP} &= 197.95/0.66 \\
&= 299.92 \\
\text{total digest RUP} &= 0.8RUP_{\text{req}} \\
RUP_{\text{req}} &= 299.92/0.8 \\
&= 374.91 \\
CP_{\text{req}} &= RDP_{\text{req}} + RUP_{\text{req}} \\
&= 1269.44 + 374.91 \\
&= 1644.35 \text{ g} \\
\\
\text{ซึ่งในอาหาร} \quad RDP_{\text{sup}}(\text{อ้อยหมัก}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
&\quad CP_RDP \\
&= 5.90 \times 1000 \times (6.50/100) \times 0.4680 \\
&= 179.52 \text{ g/d} \\
RDP_{\text{sup}}(\text{อาหารข้น}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
&\quad CP_RDP \\
&= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \times 0.8068 \\
&= 984.48 \text{ g/d}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{RDP}_{\text{sup}} &= \text{RDP}_{\text{sup}}(\text{อ้อยหมัก}) + \text{RDP}_{\text{sup}}(\text{อาหารข้น}) \\
 &= 179.52 + 984.48 \\
 &= 1164.00 \text{ g/d} \\
 \text{CPTotal}(\text{อ้อยหมัก}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
 &= 5.90 \times 1000 \times (6.50/100) \\
 &= 383.50 \text{ g/d}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CPTotal}(\text{อาหารข้น}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
 &= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \\
 &= 1220.23 \text{ g/d} \\
 \text{CPTotal} &= \text{CPTotal}(\text{อ้อยหมัก}) + \text{CPTotal}(\text{อาหารข้น}) \\
 &= 383.50 + 1220.23 \\
 &= 1603.73 \text{ g/d} \\
 \text{RUP}_{\text{sup}} &= \text{CPTotal} - \text{RDP}_{\text{sup}} \\
 &= 1603.73 - 1183.03 \\
 &= 420.70 \text{ g/d}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อคำนวณความต้องการโปรตีนจากตัวโคเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และคำนวณโปรตีนในอาหารแล้วพบว่า ความต้องการโปรตีนของโค Crude Protein เท่ากับ 1644.35 กรัม/วัน, RDP เท่ากับ 1269.44 กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 374.91 กรัม/วัน ส่วนโปรตีนในอาหาร Crude Protein เท่ากับ 1603.73 กรัม/วัน, RDP เท่ากับ 1164.00 กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 420.70 กรัม/วัน ซึ่งโคในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับ Crude Protein ขาดเท่ากับ 40.62 กรัม/วัน, RDP ขาดเท่ากับ 105.44 กรัม/วัน และ RUP เกินเท่ากับ 45.79 กรัม/วัน

2.3.3 กลุ่มการทดลองที่ 3 โครีคณมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 %โปรตีน

โครีคณมมีน้ำหนักเฉลี่ย 443.00 kgLW ($96.56 \text{ kg}^{0.75}$) ให้นมเฉลี่ยวันละ 12.26 kg นำนมมีไขมัน 3.49% และโปรตีน 2.39% โครีคณมมีน้ำหนักตัวลดลงวันละ 0.03274 กิโลกรัม มีค่า BCS 3.5

	MP_R	=	$MP_M + MP_G + MP_L$
	$MP_M(\text{g/d})$	=	$MP_u + MP_{sh} + MP_{MFP}$
	MP_u	=	$UPN/0.67$
	$UPN(\text{g/d})$	=	$2.75 \times (\text{Live weight})^{0.5}$
	MP_u	=	$[2.75 \times (443.00^{0.5})]/0.67$
		=	86.40
	MP_{sh}	=	$SPN/0.67$
	SPN	=	$0.2 \times (\text{Live weight})^{0.6}$
	MP_{sh}	=	$[0.2 \times (443.00^{0.6})]/0.67$
		=	11.56
	MP_{MFP}	=	$MFP - (\text{bacteria} + \text{bacterial debris in Cecum, large intestine} + \text{keratinized Cell} + \text{others})$
	$MFP(\text{g/d})$	=	$30 \times \text{Dry matter intake (kg.)}$
	MP_{MFP}	=	$[(DMI(\text{kg}) \times 30) - 0.50((\text{Bact MP}/0.8) - \text{Bact MP})] + \text{Endo MP}/0.67$
เมื่อ	$\text{Endo MP}(\text{g/d})$	=	$0.4 \times 1.9 \times DMI (\text{kg}) \times 6.25$
		=	$0.4 \times 1.9 \times 12.69 \times 6.25$
		=	60.28
	$\text{Bact MP}(\text{g/d})$	=	0.64 MCP
	MCP	=	0.85 gRDP_{req}
	$\text{RDP}_{req}(\text{อ้อยตัดสด})$	=	$0.15294 \times \text{TDN}_{Act} \text{ Total}$
	$\text{TDN}_{Act} \text{ Total (อ้อยตัดสด)}$	=	$DMI(\text{kg}) \times \% \text{TDN} \times 1000$

$$\begin{aligned}
RDP_{req}(\text{อ้อยตัดสด}) &= 0.15294 \times (5.55 \text{ kg} \times 0.5267 \times 1000) \\
&= 447.07 \text{ g/d} \\
RDP_{req}(\text{อาหารข้น}) &= 0.15294 \times TDN_{Act} \text{ Total} \\
TDN_{Act} \text{ Total (อาหารข้น)} &= DMI(\text{kg}) \times \%TDN \times 1000 \\
RDP_{req}(\text{อาหารข้น}) &= 0.15294 \times (7.14 \text{ kg} \times 0.70634 \times 1000) \\
&= 771.27 \text{ g/d} \\
RDP_{req} &= RDP_{req}(\text{อ้อยตัดสด}) + RDP_{req}(\text{อาหารข้น}) \\
&= 447.07 + 771.27 \\
&= 1218.34 \text{ g/d} \\
MCP &= 0.85 \times 1218.34 \\
&= 1035.59 \\
MP_{Bact}(\text{g/d}) &= 1035.59 \times 0.64 \\
&= 662.78 \\
MP_{End}(\text{g/d}) &= 0.4 \times (1.9 \times 12.69 \times 6.25) \\
&= 60.28 \\
MP_{MFP}(\text{g/d}) &= [(DMI(\text{kg}) \times 30) - 0.50((Bact \text{ MP}/0.8) - Bact \text{ MP})] + Endo \text{ MP}/0.67 \\
&= [(12.69 \times 30) - 0.50((662.78/0.8) - 662.78)] + 60.28/0.67 \\
&= 387.82 \\
MP_M(\text{g/d}) &= MP_u + MP_{sh} + MP_{MFP} \\
&= 86.40 + 11.56 + 387.82 \\
&= 485.78 \text{ g/d} \\
MP_G(\text{g/d}) &= NP_g / \text{EffMP_NP}_g \\
NP_g(\text{g/d}) &= SWG \times (268 - (29.4 \times (RE/SWG))) \\
\text{โดย } RE(\text{Mcal}) &= 0.0635 \times EQEBW^{0.75} \times EQEBG^{1.097} \\
EQEBW &= 0.891 \times EQSBW \\
EQSBW &= SBW \times (478/MSBW)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{SBW} &= \text{Shrunk body weight} \\
&= 0.96 \times \text{BW} \\
&= 0.96 \times 443.00 \text{ kgLW} \\
&= 425.28 \text{ kgLW} \\
\text{MSBW} &= \text{Mature shrunk body weight} \\
&= 500 \text{ kgLW (โคนมลูกผสม Holstein friesian} \\
&\quad \text{ในประเทศไทย)} \\
\text{EQSBW} &= 425.28 \times (478/500) \\
&= 406.57 \text{ kgLW} \\
\text{EQEBW} &= 0.891 \times 406.57 \\
&= 362.25 \text{ kgLW} \\
\text{EQEBG} &= 0.956 \times \text{SWG} \\
&= 0.956 \times 0.03274 \\
&= 0.03 \text{ kgLW} \\
\text{RE (Mcal/d)} &= 0.0635 \times 362.25^{0.75} \times 0.03^{1.097} \\
&= 0.11 \text{ Mcal/d} \\
\text{NP}_g &= 0.03274 \times (268 - (29.4 \times (0.11/0.03274))) \\
&= 5.54 \text{ g/d} \\
\text{EffMP_NP}_g &= (83.4 - (0.114 \times \text{EQSBW}))/100 \\
&= (83.4 - (0.114 \times 406.57))/100 \\
&= 0.37 \\
\text{MP}_G(\text{g/d}) &= 5.54/0.37 \\
&= 14.97 \text{ g/d} \\
\text{MP}_L (\text{Mcal/kg}) &= (\text{Yprotn}/0.67) \times 1000 \\
\text{Yprotn (kg/d)} &= \text{Milk production (kg/d)} \times (\text{Milk true protein}/100) \\
&= 12.26 (\text{kg/d}) \times (2.39/100) \\
&= 0.29 \text{ kg/d} \\
\text{MP}_L (\text{Mcal/kg}) &= (0.29/0.67) \times 1000 \\
&= 432.84 \text{ Mcal/kg} \\
\text{MP}_R (\text{g/d}) &= 485.78 - 14.97 + 432.84
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 903.65 \text{ g/d} \\
MP_{\text{req}} &= MP_{\text{Bact}} + MP_{\text{End}} + MP_{\text{RUP}} \\
MP_{\text{RUP}} &= MP_{\text{req}} - (MP_{\text{Bact}} + MP_{\text{Endo}}) \\
&= 903.65 - (662.78 + 60.28) \\
&= 180.59 \text{ g/d} \\
0.8RUP_{\text{req}} &= \text{total digest RUP} \\
0.66 \times \text{total digest RUP} &= MP_{\text{RUP}} \\
\text{total digest RUP} &= 180.59/0.66 \\
&= 273.62 \\
\text{total digest RUP} &= 0.8RUP_{\text{req}} \\
RUP_{\text{req}} &= 273.62/0.8 \\
&= 342.03 \\
CP_{\text{req}} &= RDP_{\text{req}} + RUP_{\text{req}} \\
&= 1218.34 + 342.03 \\
&= 1560.37 \text{ g} \\
\text{ซึ่งในอาหาร} \quad RDP_{\text{sup}}(\text{อ้อยตัดสด}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
&\quad CP_RDP \\
&= 5.55 \times 1000 \times (3.68/100) \times 0.4407 \\
&= 90.00 \text{ g/d} \\
RDP_{\text{sup}}(\text{อาหารข้น}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \times \\
&\quad CP_RDP \\
&= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \times 0.8068 \\
&= 984.48 \text{ g/d} \\
RDP_{\text{sup}} &= RDP_{\text{sup}}(\text{หญ้าหมัก}) + RDP_{\text{sup}}(\text{อาหารข้น}) \\
&= 90.00 + 984.48 \\
&= 1074.48 \text{ g/d} \\
CPTotal(\text{อ้อยตัดสด}) &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
&= 5.55 \times 1000 \times (3.68/100) \\
&= 204.24 \text{ g/d}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CPTotal(อาหารชั้น)} &= \text{Total DMFed} \times 1000 \times \text{Diet CP} \\
 &= 7.14 \times 1000 \times (17.09/100) \\
 &= 1220.23 \text{ g/d} \\
 \text{CPTotal} &= \text{CPTotal(อ้อยตัดหมัก)} + \text{CPTotal(อาหารชั้น)} \\
 &= 204.24 + 1220.23 \\
 &= 1424.47 \text{ g/d} \\
 \text{RUP}_{\text{sup}} &= \text{CPTotal} - \text{RDP}_{\text{sup}} \\
 &= 1424.47 - 1067.76 \\
 &= 356.71 \text{ g/d}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นเมื่อคำนวณความต้องการโปรตีนจากตัวโคเพื่อใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ และคำนวณโปรตีนในอาหารแล้วพบว่า ความต้องการโปรตีนของโค Crude Protein เท่ากับ 1560.37 กรัม/วัน, RDP เท่ากับ 1218.34 กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 342.03 กรัม/วัน ส่วนโปรตีนในอาหาร Crude Protein เท่ากับ 1424.47 กรัม/วัน, RDP 1074.48 เท่ากับ กรัม/วัน และ RUP เท่ากับ 356.71 กรัม/วัน ซึ่งโคในกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ Crude Protein ขาดเท่ากับ 1358.90 กรัม/วัน, RDP ขาดเท่ากับ 143.86 กรัม/วัน และ RUP เกินเท่ากับ 14.68 กรัม/วัน

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนตัดสินคุณภาพอาหารหมักโดยความสัมพันธ์ของกรดไขมันระเหยได้

Lactate (%)	Flieg point	Acetate (%)	Flieg point	Butylate (%)	Flieg point
0.0-20.0	0.0	0.0-20.0	25.0	0.0-1.5	50.0-45.0
20.1-25.0	2.5	20.1-24.0	23.0	1.6-3.0	38.0
25.1-30.0	5.0	24.1-28.0	21.0	3.1-4.0	37.0
30.1-34.0	7.0	28.1-32.0	19.0	4.1-6.0	34.0
34.1-38.0	9.0	32.1-36.0	17.0	6.1-8.0	32.0
38.1-42.0	11.0	36.1-40.0	15.0	8.1-10.0	30.0
42.1-46.0	13.0	40.1-45.0	12.5	10.1-12.0	28.0
46.1-50.0	15.0	45.1-50.0	10.0	12.1-14.0	26.0
50.1-54.0	17.0	50.1-55.0	7.5	14.1-16.0	24.0
54.1-58.0	19.0	55.1-60.0	5.0	16.1-18.0	22.0
58.1-62.0	21.0			18.1-20.0	20.0
62.1-70.0	23.0			20.1-25.0	15.0
>75.0	25.0			25.1-30.0	10.0
				30.1-40.0	5.0
				>40	0.0

ภาคผนวก ข

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely random design, CRD)

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อกำหนดให้	X	คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า
	μ	คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร
	α_i	คือ ผลของทรีตเมนต์ที่ 1
	ε_{ij}	คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ j ในทรีตเมนต์ i
	i	คือ $1, 2, 3, \dots, k$ (ให้ k เป็นจำนวนทรีตเมนต์)
	j	คือ $1, 2, 3, \dots, n$ (ให้ n เป็นจำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีตเมนต์)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบลาตินสแควร์

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อกำหนดให้	X	คือ ค่าสังเกตแต่ละค่า
	μ	คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร
	α_i	คือ ผลของทรีตเมนต์ที่ 1
	ε_{ij}	คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตที่ j ในทรีตเมนต์ i
	i	คือ $1, 2, 3, \dots, k$ (ให้ k เป็นจำนวนทรีตเมนต์)
	j	คือ $1, 2, 3, \dots, n$ (ให้ n เป็นจำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีตเมนต์)

ตารางวิเคราะห์หว่าเรียนซ์

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังจากกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) (บทที่ 5)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง					
Treatment	3	78.6582	26.2194	2.81 ^{ns}	0.0579
Error	28	261.6066	9.3409		
Total	31	340.2648			
		R ² =0.2312	C.V.=16.0966%		
เปอร์เซ็นต์โปรตีน					
Treatment	3	0.1717	0.0572	0.96 ^{ns}	0.4238
Error	28	1.6635	0.0594		
Total	31	1.8352			
		R ² =0.0936	C.V.=3.7976%		
เปอร์เซ็นต์ไขมัน					
Treatment	3	0.1264	0.0421	1.91 ^{ns}	0.1508
Error	28	0.6175	0.0221		
Total	31	0.7438			
		R ² =0.1699	C.V.=6.7280%		
เปอร์เซ็นต์เถ้า					
Treatment	3	1.9561	0.6520	3.96 [*]	0.0180
Error	28	4.6093	0.1646		
Total	31	6.5654			
		R ² =0.2979	C.V.=5.6781%		
เปอร์เซ็นต์เยื่อใย					
Treatment	3	3.3984	1.1328	1.84 ^{**}	0.1631
Error	28	17.2516	0.6161		
Total	31	20.6500			
		R ² =0.1646	C.V.=2.2643%		

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าเรียนซ์ของปริมาณ VFAs ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง) (บทที่ 5)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
Lactate (g/kgDM)					
Treatment	2	438352	1.6117	3.04 [*]	0.0453
Error	21	14.8398	0.5300		
Total	23	19.6750			
		R ² =0.2458	C.V.=3.0822%		
Acetate (g/kgDM)					
Treatment	2	2.6820	0.8940	2.0 ^{ns}	0.1274
Error	21	12.1188	0.4328		
Total	23	14.8080			
		R ² =0.1812	C.V.=5.6255%		
Butyrate (g/kgDM)					
Treatment	2	0.5785	0.1928	1.59 ^{ns}	0.2130
Error	21	3.3871	0.1210		
Total	23	3.9656			
		R ² =0.1459	C.V.=18.4940 %		
Flieg point					
Treatment	2	20.5938	6.8646	15.09 ^{ns}	0.0001
Error	21	79.1250	2.8259		
Total	23	99.7188			
		R ² =0.2065	C.V.=2.2293%		

หมายเหตุ ns = non significance (P>0.05)

* = significance (P<0.05)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ้ำของปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อย อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ร่วมกับอาหารข้น 17เปอร์เซ็นต์โปรตีน (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
การกินได้วัตถุดิบอาหาร					
หยาบ (กก./ตัว/วัน)					
Treatment	2	0.0931	0.0466	0.04 ^{ns}	0.9599
Error	21	23.8268	1.1346		
Total	23	23.9199			
		R ² =0.0039	C.V.=19.7576%		
การกินได้วัตถุดิบทั้งหมด					
(กก./ตัว/วัน)					
Treatment	2	0.8270	0.4135	0.28 ^{ns}	0.7558
Error	21	30.6115	1.4577		
Total	23	31.4385			
		R ² =0.0263	C.V.=20.0235%		
การกินได้โปรตีนอาหาร					
หยาบ (กรัม/ตัว/วัน)					
Treatment	2	186070.7808	93035.3904	16.46 ^{**}	0.0001
Error	21	118686.0126	5651.7149		
Total	23	304756.7933			
		R ² =0.6106	C.V.=17.2474%		
การกินได้โปรตีนรวม					
(กรัม/ตัว/วัน)					
Treatment	2	177503.4633	88751.7317	16.85 ^{**}	0.0001
Error	21	60857.0484	2897.9547		
Total	23	238360.5117			
		R ² =0.7447	C.V.=3.4821%		

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อย อายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ร่วมกับอาหารข้น 17เปอร์เซ็นต์โปรตีน (บทที่ 6) (ต่อ)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
การกินได้พลังงานสุทธิ					
อาหารหยาบ (Mcal/ตัว/วัน)					
Treatment	2	10.2233	5.1117	528.62**	0.0001
Error	21	0.2031	0.0097		
Total	23	10.4264			
		R ² =0.9805	C.V.=16.1976%		
การกินได้พลังงานสุทธิ					
รวม (Mcal/ตัว/วัน					
Treatment	2	10.2233	5.1117	102.65**	0.0001
Error	21	1.0457	0.0498		
Total	23	11.2690			
		R ² =0.9072	C.V.=1.1101%		

หมายเหตุ ns = non significance (P>0.05)
 * = significance (P<0.05)
 ** = highly significance (P<0.01)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบของน้ำมัน (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
ปริมาณน้ำมัน					
Treatment	2	0.1863	0.0931	0.02 ^{ns}	0.9770
Error	21	84.0730	4.0035		
Total	23	84.2593			
		R ² =0.0022	C.V.=16.1976%		
4% FCM					
Treatment	2	1.7632	0.8816	0.29 ^{ns}	0.7519
Error	21	64.0578	3.0504		
Total	23	65.8211			
		R ² =0.0268	C.V.=15.2263%		
ปริมาณไขมัน (กรัม/วัน)					
Treatment	2	4593.8533	2296.9267	0.40 ^{ns}	0.6753
Error	21	120580.9181	5741.9485		
Total	23	12288.8615			
		R ² =0.0367	C.V.=17.2474%		
ปริมาณโปรตีน (กรัม/วัน)					
Treatment	2	1816.3373	908.1687	0.52 ^{ns}	0.6029
Error	21	36790.1887	1751.9137		
Total	23	38606.5260			
		R ² =0.0470	C.V.=13.8238%		
ปริมาณแลคโตส (กรัม/วัน)					
Treatment	2	1338.0965	669.0483	0.07 ^{ns}	0.9314
Error	21	197156.5081	9388.4051		
Total	23	198494.6046			
		R ² =0.0067	C.V.=17.5577%		
ปริมาณของแข็งพร้อมไขมัน (กรัม/วัน)					
Treatment	2	2401.9230	1220.9615	0.05 ^{ns}	0.9518
Error	21	509715.9654	24272.1888		
Total	23	512117.8884			
		R ² =0.0047	C.V.=15.8185%		
ปริมาณของแข็งรวมในนม (กรัม/วัน)					
Treatment	2	4383.8393	2191.9197	0.05 ^{ns}	0.9561
Error	21	1022360.799	48683.8476		
Total	23	1026744.639			
		R ² =0.0043	C.V.=15.4318%		

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมัน (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
เปอร์เซ็นต์ไขมัน					
Treatment	2	0.2290	0.1145	0.40 ^{ns}	0.6770
Error	21	6.0512	0.2882		
Total	23	6.2802			
		R ² =0.0365	C.V.=14.7963%		
เปอร์เซ็นต์โปรตีน					
Treatment	2	0.1481	0.0740	1.21 ^{ns}	0.3190
Error	21	1.2878	0.0613		
Total	23	1.4359			
		R ² =0.1031	C.V.=9.6750%		
เปอร์เซ็นต์แลคโตส					
Treatment	2	0.0388	0.0194	0.53 ^{ns}	0.5936
Error	21	0.7620	0.0363		
Total	23	0.8008			
		R ² =0.0485	C.V.=4.2663%		
เปอร์เซ็นต์แข็งพร่องไขมัน					
Treatment	2	0.1754	0.0877	0.76 ^{ns}	0.4822
Error	21	2.4390	0.1161		
Total	23	2.6144			
		R ² =0.0671	C.V.=4.2664%		
เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวม					
ไขมัน					
Treatment	2	0.0064	0.0032	0.01 ^{ns}	0.9948
Error	21	12.7938	0.6092		
Total	23	12.8002			
		R ² =0.0005	C.V.=6.7203%		

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
น้ำหนักตัวก่อนการ					
ทดลอง (กิโลกรัม)					
Treatment	2	1522.5833	761.2917	0.48 ^{ns}	0.6228
Error	21	3309.3750	1571.8750		
Total	23	34531.9583			
		R ² =0.0441	C.V.=9.1678%		
น้ำหนักตัวหลังการ					
ทดลอง (กิโลกรัม)					
Treatment	2	2937.3333	1468.6667	1.02 ^{ns}	0.3762
Error	21	30098.6250	1433.2679		
Total	23	33035.9583			
		R ² =0.0889	C.V.=8.8291%		
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง					
(กรัม/วัน)					
Treatment	2	2314.8148	115740.74	0.04 ^{ns}	0.0175
Error	21	626558.9569	29836.1408		
Total	23	628873.7717			
		R ² =0.0037	C.V.=59.6278%		
หมายเหตุ ns = non significance					

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่

ได้รับต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
RDP _{sup} (g/d)					
Treatment	2	106278.9338	53139.4669	101.87 ^{**}	0.0001
Error	21	10954.1213	521.6248		
Total	23	117233.0550			
		R ² =0.9066	C.V.=1.9712%		
RUP _{sup} (g/d)					
Treatment	2	16504.4046	8252.2023	7.84 ^{**}	0.0029
Error	21	22101.6095	1052.4576		
Total	23	38606.0141			
		R ² =0.4275	C.V.=8.3752%		

หมายเหตุ ** = highly significance (P<0.01)

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์หาเรียนรู้ของการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ (Mcal/วัน) (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
--------	----	----	----	--------------------	------

NE _{Lp} intake(Mcal/kgDM)					
Treatment	2	10.2233	5.1117	102.65 ^{**}	0.0001
Error	21	1.0457	0.0498		
Total	23	11.2690			
		R ² =0.9072	C.V.=1.1101%		
NE _{LM} (Mcal/kgDM)					
Treatment	2	0.2590	0.1295	0.48 ^{ns}	0.6248
Error	21	5.6554	0.2693		
Total	23	5.9145			
		R ² =0.0438	C.V.=6.8541%		
NE _{LG} (Mcal/kgDM)					
Treatment	2	0.0142	0.0071	0.04 ^{ns}	0.9618
Error	21	3.8048	0.1812		
Total	23	3.8190			
		R ² =0.0037	C.V.=59.4629%		
NE _{LL} (Mcal/kgDM)					
Treatment	2	0.8146	0.4073	0.28 ^{ns}	0.7590
Error	21	30.6156	1.4579		
Total	23	31.4303			
		R ² =0.0259	C.V.=14.7956%		
NE _{LR} (Mcal/kgDM)					
Treatment	2	0.6394	0.3197	0.15 ^{ns}	0.8591
Error	21	43.8768	2.0894		
Total	23	44.5162			
		R ² =0.0144	C.V.=92.948%		
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน					
งาน					
Treatment	2	0.0151	0.0075	1.12 ^{ns}	0.3462
Error	21	0.1417	0.0067		
Total	23	0.1568			
		R ² =0.0961	C.V.=9.4746%		

หมายเหตุ ns = non significance ** = highly significance (P<0.01)

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาเรียนรู้ของความต้องการโปรตีนที่น้อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับ

ต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (บทที่ 6)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
RDP_{req} (g/d)					
Treatment	2	23689.8932	11844.9466	1.21 ^{ns}	0.3168
Error	21	204737.4987	9749.4047		
Total	23	228427.3920			
		R ² =0.1037	C.V.=7.8334 %		
RDP_{sup} (g/d)					
Treatment	2	106278.9338	53139.4669	101.87 ^{**}	0.0001
Error	21	10954.1213	521.6248		
Total	23	117233.0550			
		R ² =0.9066	C.V.=1.9712%		
ส่วนต่าง RDP					
Treatment	2	15681.5427	7840.7713	1.42 ^{ns}	0.2679
Error	21	116261.3864	5536.2565		
Total	23	131942.7291			
		R ² =0.1189	C.V.=67.4156 %		
MPbact (g/d)					
Treatment	2	7010.6922	3505.3461	1.21 ^{ns}	0.3168
Error	21	60589.1956	2885.1998		
Total	23	67599.8887			
		R ² =0.1037	C.V.=7.8334%		

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์หาเรียนรู้ของความต้องการโปรตีนที่น้อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับ

ต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (บทที่ 6) (ต่อ)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
RUP _{req} (g/d)					
Treatment	2	17580.5247	8790.2624	0.47 ^{ns}	0.6294
Error	21	389947.7170	18568.9389		
Total	23	407528.2418			
		R ² =0.0431	C.V.=69.5870%		
RUP _{sup} (g/d)					
Treatment	2	16504.4046	8252.2023	7.84 ^{**}	0.0029
Error	21	22101.6095	1052.4576		
Total	23	38606.0141			
		R ² =0.4275	C.V.=8.3752%		
ส่วนต่าง RUP (g/d)					
Treatment	2	29041.7355	14520.8677	0.71 ^{ns}	0.5029
Error	21	408126.3759	20406.3188		
Total	23	437168.1114			
		R ² =0.0664	C.V.=75.7938%		

หมายเหตุ ns = non significance (P>0.05)
 * = significance (P<0.05)
 ** = highly significance (P<0.01)

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์หาเรียนรู้ของระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่างๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง (บทที่ 7)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
ชั่วโมงที่ 0					
Rows	2	0.0487	0.2024	1.07 ^{ns}	0.4821
Columns	2	0.0136	0.0068	0.30 ^{ns}	0.7691
Treatment	2	0.2926	0.1463	6.45 ^{ns}	0.1342
Error	2	0.0400	0.0454		
Total	8	0.4030			
R ² =0.8867 C.V.=2.1656%					
ชั่วโมงที่ 1					
Rows	2	0.1789	0.0895	5.53 ^{ns}	0.1532
Columns	2	0.0635	0.0318	1.96 ^{ns}	0.3375
Treatment	2	0.0659	0.0330	2.04 ^{ns}	0.3294
Error	2	0.0324	0.0324		
Total	8	0.3408			
R ² =0.9050 C.V.=1.8884%					
ชั่วโมงที่ 2					
Rows	2	0.0717	0.0359	2.77 ^{ns}	0.2651
Columns	2	0.0443	0.0221	1.71 ^{ns}	0.3688
Treatment	2	0.1887	0.0943	7.29 ^{ns}	0.1206
Error	2	0.0259	0.0129		
Total	8	0.3306			
R ² =0.9217 C.V.=1.7313%					

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ค่าเรียนซ์ของระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง (บทที่ 7) (ต่อ)

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
--------	----	----	----	--------------------	------

ชั่วโมงที่ 3					
Rows	2	0.0060	0.0030	0.07 ^{ns}	0.9354
Columns	2	0.3529	0.1764	4.05 ^{ns}	0.1979
Treatment	2	1.3466	0.6733	15.47 [*]	0.0407
Error	2	0.0871	0.0435		
Total	8	1.7926			
R ² =0.9514 C.V.=3.3283%					
ชั่วโมงที่ 5					
Rows	2	0.4046	0.2023	0.59 ^{ns}	0.6281
Columns	2	0.7261	0.3630	1.06 ^{ns}	0.4849
Treatment	2	0.6445	0.3222	0.94 ^{ns}	0.5147
Error	2	0.6835	0.3417		
Total	8	2.4586			
R ² =0.7220 C.V.=9.0421%					
ชั่วโมงที่ 7					
Rows	2	0.0051	0.0025	0.08 ^{ns}	0.9269
Columns	2	0.0715	0.0357	1.11 ^{ns}	0.4735
Treatment	2	0.3506	0.1753	5.46 ^{ns}	0.1549
Error	2	0.0643	0.0321		
Total	8	0.4914			
R ² =0.0869 C.V.=2.7092%					
หมายเหตุ ns = non significance (P>0.05)					
* = significance (P<0.05)					

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ของปริมาณ VFAs ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

Source	df	SS	MS	F _{value}	Pr>F
Acetate					
Rows	2	3.8785	1.9393	2.00 ^{ns}	0.3333
Columns	2	12.4419	6.2260	6.42 ^{ns}	0.1348
Treatment	2	838.0883	419.0441	432.25 ^{**}	0.0023
Error	2	1.9389	0.9695		
Total	8	865.3476			
		R ² =0.9977	C.V.=1.5937%		
Propionate					
Rows	2	1.4704	0.7352	0.79 ^{ns}	0.5594
Columns	2	1.7474	0.8737	0.94 ^{ns}	0.5165
Treatment	2	2009.4405	1004.7202	1076.28 ^{**}	0.0009
Error	2	1.8670	0.9335		
Total	8	2014.5253			
		R ² =0.9991	C.V.=2.7381%		
Acetate:Propionate					
Rows	2	0.0082	0.0041	0.80 ^{ns}	0.5569
Columns	2	0.0028	0.0014	0.28 ^{ns}	0.7820
Treatment	2	7.5102	3.7551	735.32 ^{**}	0.0014
Error	2	0.0102	0.0051		
Total	8	7.5314			
		R ² =0.9986	C.V.=3.3374%		

หมายเหตุ

ns = non significance (P>0.05)

** = highly significance (P<0.01)

ประวัติผู้เขียน

นางสาวพิมพ์ทิพย์ จันทร์พานิชเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดนครราชสีมา ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2544 และได้ศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2544