รหัสโครงการ SUT3-303-44-36-12

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม

(The Utilization of Sugar Cane Stalk as Roughage for Dairy Cattle)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายสมนึก สอนนอก

ได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการแต่เพียงผู้เดียว

มีนาคม 2547

บทคัดย่อ

การศึกษาการนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมครั้งนี้ประกอบด้วยการทดลอง 6 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลผลิต คุณค่าทางอาหารและการย่อยสลายได้ของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยจัดแผนการทดลองแบบ 5 × 5 Factorial arrangement in RCB มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัยดังนี้ ปัจจัยแรก คือพันธุ์ของอ้อย ซึ่งที่ใช้ทดลองคือ อ้อยพันธุ์มากอส, อู่ทอง3, สุพรรณบุรี50, อู่ทอง 3 และ K 84-200 ปัจจัยที่สอง คือ อายุการตัดที่ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน ทำการปลูกในแปลงย่อย ขนาด 5 × 5 เมตร พบว่า อ้อย 5 พันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีน (กก./ไร่) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อ้อยพันธุ์มากอสให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (4,155 และ 208 กก./ไร่ ตามลำดับ) และอ้อยพันธุ์ K 84-200 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีนเฉลี่ยต่ำสุด (1,228 และ 51 กก./ไร่ ตามลำดับ) ในขณะที่อ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (3,248 กก./ไร่) และอายุการตัด 5 เดือนให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่ำสุด (1,116 กก./ไร่) ส่วนปริมาณโปรตีนของอ้อยที่อายุการตัด 7 เดือน เฉลี่ยสูงสุด (163.7 กก./ไร่) รองลงไป คืออ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (160.5 กก./ไร่) ในส่วนคุณค่าทางอาหารของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยจะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ตรงกันข้ามกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อย 5 พันธุ์ จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (5.07%) รองลงไป คือ อ้อยพันธุ์มากอส (4.85%) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง ไขมันและเถ้าของอ้อย 5 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อ้อยที่ตัดตามอายุต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง ไขมันและเถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อย 5 พันธุ์ตามอายุการตัดต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด และการย่อยสลายวัตถุแห้งจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า อ้อยพันธุ์มากอสที่ตัดเมื่ออายุ 6 เดือนถึง 7 เดือน มีความเหมาะสมมากกว่าอ้อยพันธุ์อื่น ๆ สำหรับนำมาเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนม เมื่อพิจารณาจากผลผลิตน้ำหนักแห้ง ปริมาณโปรตีน และการย่อยสลายวัตถุแห้ง การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน จำนวน 24 ตัว จัดการทดลองแบบ Group comparison โดยจัดเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธี

Stratified random balance group ตามปริมาณน้ำนม ระยะการให้นม และน้ำหนักตัวโค (ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 16.54 ± 1.98 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ระยะการให้นมเฉลี่ย 121 ± 22 วัน และน้ำหนักตัวก่อนการทดลองเฉลี่ย 440 ±31 กิโลกรัม) กลุ่มละ 12 ตัว โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารต้นข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ และกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับต้นอ้อยสดอายุการตัด 6-7 เดือน เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่า การกินได้วัตถุแห้งของโคทั้ง 2 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกัน การได้รับโปรตีนหยาบของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมักต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีน (*dg*) และเปอร์เซ็นต์โปรตีนของต้นอ้อยสดต่ำกว่าต้นข้าวโพดหมัก ซึ่งตรงกันข้ามกับการได้รับพลังงานย่อยได้ทั้งหมดและพลังงานสุทธิของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) จึงทำให้กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01). จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า การใช้ต้นอ้อยสดสามารถใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมได้ไม่แตกต่างจากการใช้ต้นข้าวโพดหมักและสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งได้ การทดลองที่ 3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบ Complete randomized design ผลการทดลองพบว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันน้อยกว่าหญ้าหมักและต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก ในขณะที่มีเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF สูงกว่า หญ้าหมักมี Effective degradability ของ DM และ CP สูงกว่าต้อนอ้อยทั้งสองชนิด การทดลองที่ 4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมักที่ระยะเวลาเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบ Complete randomized design ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง คือ อายุการเก็บรักษาที่ 1, 2, 3 และ 4 เดือน ผลการทดลองสรุปได้ว่าอายุการเก็บรักษาไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ DM, CP, CF และ EE แต่มีผลทำให้ NDF, ADF และ pH เพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจนถึง 4 เดือน Effective dg ของ DM และ CP ที่อายุการเก็บรักษาตั้งแต่ 1 ถึง 4 เดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) การทดลองนี้สรุปได้ว่าสามารถเก็บรักษาต้นอ้อยหมักให้คงคุณภาพได้นานถึง 4 เดือน การทดลองที่ 5 ศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตน้ำนมและคุณภาพของน้ำนมของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบ โดยจัดแผนการทดลองเป็นแบบ Simple comparison และจัดกลุ่มการทดลองแบบ Stratified random balance group โดยพิจารณาจากปริมาณน้ำนม ระยะให้นม อายุ และน้ำหนักตัว ใช้โครีดนมกลุ่มการทดลองละ 8 ตัว รวมทั้งสิ้น 24 ตัว ผลการ

ทดลองไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณการกินได้ DM, CP และ NEL ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม องค์ประกอบในน้ำนม น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองและน้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก หรือต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเลี้ยงโคนมได้ดีเท่ากับการใช้หญ้าหมัก การทดลองที่ 6 ศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพโคนมในด้านการเกิดโรค Rumen acidosis ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคที่ได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบ ใช้โคเจาะกระเพาะเพื่อทดลอง กลุ่มการทดลองละ 6 ตัว ผลการทดลองพบว่าระดับ pH ในกระเพาะหมักของโคทุกกลุ่มที่ 0, 1, 2, 5 และ 7 h after feeding ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามระดับ pH ที่ 3 h after feeding ของโคที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนจะต่ำกว่าของโคที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมักและหญ้าหมัก Rumen fluid ของโคที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีระดับ propionate สูงกว่าในขณะที่มีระดับ acetate และ butyrate ต่ำกว่าของโคที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมักและหญ้าหมัก ฉะนั้นในการใช้ต้อนอ้อยตัดสดโดยเฉพาะอ้อยที่มีอายุมากๆ ซึ่งมีระดับน้ำตาลสูง จะทำให้ระดับ pH, acetate และ butyrate สูง ซึ่งเสี่ยงต่อการเกิดอาการของ Rumen acidosis

ABSTRACT

The present research aimed to study the utilization of whole sugar cane for dairy cattle feeds. This study comprised 6 experiments. The first experiment was conducted to determine yield and nutritive value of some sugar cane breeds at different ages of cutting. The experimental design was a 5x5 factorial arrangement in randomized complete block with 3 replicates. The first factor was breed of sugar cane; marcos, uthong 3, supanburi 50, uthong1 and K 84-200 and the second factor was ages of harvest; 5, 6, 7, 8 and 9 months. The sugar cane was planted in 5 × 5 square metres subplots. All breeds of sugar cane as age of harvesting had significantly ($P<0.01$) effect on dry matter and crude protein yields. The marcos gave the highest average dry matter and crude protein yield (4,155 and 208 kg/rai, respectively), and The K 84-200 gave the lowest average dry matter and crude protein yield (1,228 and 51 kg/rai, respectively). The sugar cane harvested at 9 months had the highest average dry matter yield (3,248 kg/rai), while the sugar cane harvested at 5 months gone the lowest average dry matter yield (1,116 kg/rai). However harvesting at 7 months had the highest average protein yield (163.7 kg/rai), followed by harvesting at 6 months (160.5 kg/rai). The percentages of dry matter increased significantly ($P<0.01$) with increasing age of harvesting. In contrast, protein content decreased significantly ($P<0.01$) with increase cutting age. The uthong 3 showed the highest protein content (5.07%), followed by the marcos (4.85%). The percentages of crude fiber, neutral detergent fiber, ether extract and ash of all breeds were similar, while the acid detergent fiber had significant. In contrast, age of harvesting had significantly ($P<0.01$) effect on the percentages of crude fiber, neutral detergent fiber, ether extract and ash. The all breeds of sugar cane as age of harvesting had significantly ($P<0.01$) effect on dry matter degradability. The marcos was the highest average dry matter degradability, when the increasing age of harvesting decreased dry matter degradability. In conclusion, this experiment showed that the marcos harvested at 6 and 7 months had optimizing more other breeds of sugar cane than for dairy cattle feeds, when the sugar cane was regarded from the dry matter yield, protein yield and dry matter degradability.

The second experiment was conducted to investigate the effect of sugar cane on performance of dairy cow in mid lactation. Twenty-four Holstein-Friesian crossbred lactating cows, with averaging 16.54 ± 1.98 kg milk/day, 121 ± 22 days in milk and 440 ± 31 kg live weight, were stratified random balanced into two groups (12 cows for each group). The first group was fed corn silage while the second group was fed sugar cane age of harvesting 6-7 months. The two groups of cows consumed

similar DM ($P>0.05$). The cows on sugar cane consumed lower crude protein than cows on corn silage. Consequently, cows on sugar cane consumed lower rumen degradable protein because of the effective degradability protein (*dg*) and crude protein of sugar cane was lower than corn silage. In contrast, net energy and total digestible nutrient intakes were higher in cows on sugar cane group than those cows on corn silage group. Cows on sugar cane increased significantly ($P<0.01$) bodyweight gain. Milk yields and milk composition were not significant different ($P>0.05$) between the two groups. It can be concluded in the present study that the sugar cane can be fed to dairy cow in mid lactation with no difference from corn silage and can be use as roughage sources for dairy cattle during the dry season.

The third experiment was carried out to investigate the chemical composition and rumen degradability of sugar cane silage, fresh cut whole sugar cane and grass silage. The experiment was a complete randomized design. The result showed that fresh cut whole sugar cane, cot at 10-12 mo., had lower CP and EE than grass silage and sugar cane silage, while it had higher NDF and ADF. Effective degradability of DM and CP of grass silage was higher than those 2 sugar cane treatments.

The fourth experiment was conducted to determine chemical composition and quality of sugar cane silage after being stored for up to 4 months. Age of storage had no significant effect on DM, CP, CF and EE but NDF, ADF and pH increased with increasing age of storage up to 4 months. Effective degradability of DM and CP was not affected by storage time. Therefore, it can be concluded that sugar cane silage can be stored for up to 4 months.

The fifth experiment was carried out to investigate the effect of feeding sugar cane silage, fresh cut whole sugar cane and grass silage on performances of lactating dairy cows. Twenty four Holstein Friesian crossbred were stratified randomly into 3 experimental groups (8 cows in each treatment). There were no significant differences in DM, CP and NEL intakes among group of cows. Milk and milk composition yields, milk compositions, body weight and live weight change were also not significant different among 3 groups. It can be concluded in the present study that sugar cane silage or fresh cut whole sugar cane can be fed to lactating dairy cows as good as grass silage during the dry season.

The sixth experiment was conducted to determine the effect of feeding sugar cane silage, fresh cut whole sugar cane and grass silage on pH and volatile fatty acids in rumen fluid as criteria for detecting rumen acidosis. Six fistulated cows were used in each treatment group. There were no

significant differences in pH level in rumen fluid at 0, 1, 2, 5 and 7 h. after feeding each feed. However, pH level at 3 h. after feeding of cows fed fresh cut whole sugar cane was lower than those cows fed sugar cane silage or grass silage. The propionate level in rumen fluid of cows on fresh cut whole sugar cane was higher while the acetate and butyrate level were lower than cows on sugar cane silage or grass silage. Therefore, using of fresh cut whole sugar cane comprising high level of sugar will cause higher pH, acetate and butyrate particularly 3 h. after feeding and then will be risk of rumen acidosis.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ฟาร์มมหาวิทยาลัย และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนโรงเรือน สัตว์ทดลอง เครื่องมืออุปกรณ์ในการวิจัย ขอขอบคุณ นาย เพลิน เมินกระโทก และ นางสาว พิมลทิพย์ จันทร์พานิชเจริญ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำการวิจัยตลอดจนการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการและวิเคราะห์ผลทางสถิติ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ผ่านทางสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	i
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	iv
กิตติกรรมประกาศ	vii
สารบัญ	viii
สารบัญตาราง	xiv
สารบัญภาพ	xvii
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 อ้อย	5
2.1.1 พฤกษศาสตร์ทั่วไป	6
2.1.2 การเจริญเติบโตของพืช	7
2.1.3 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม	9
2.1.4 การเตรียมดินปลูกอ้อย	9
2.1.5 ฤดูปลูกอ้อย	9
2.1.6 การเตรียมท่อนพันธุ์	9
2.1.7 พันธุ์อ้อย	9
2.1.8 การปลูกอ้อย	11
2.1.9 โรคและแมลงศัตรูอ้อย	11
2.1.10 คุณค่าทางโภชนะของอ้อย	12
2.1.11 การปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย	13
2.1.12 การใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโค	13
2.1.13 พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนม.....	15
2.2 พืชอาหารหมัก	16
2.2.1 ประโยชน์ของการทำพืชอาหารหมัก	16
2.2.2 คุณสมบัติของพืชที่นำมาหมัก	17

หน้า

	2.2.3 จุลชีววิทยาของพืชอาหารหมัก	17
	2.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก	18
	2.2.5 กรดอินทรีย์และความสามารถในการรักษาสภาวะความเป็นกรด....	19
	2.2.6 พิกเมนท์	19
	2.2.7 การสูญเสียโภชนะในช่วงการหมัก	20
	2.2.8 คุณสมบัติที่ดีของพืชอาหารหมัก	20
2.3	การควบคุมการกินอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
	2.3.1 ระบบประสาทที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
	2.3.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกินได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
2.4	การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน.....	25
	2.4.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรต	26
	2.4.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน	28
	2.4.3 สัดส่วนอาหารโปรตีน (ไนโตรเจน) และพลังงาน	28
2.5	จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก	29
	2.5.1 แบคทีเรีย	29
	2.5.2 รา	30
	2.5.3 โปรโตซัว	30
	2.5.4 หน้าที่สำคัญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก	30
	2.5.5 สภาพนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมักที่เหมาะสมกับการ.....	31
	2.5.6 ความสำคัญของระดับ pH ในกระเพาะหมักต่อประชากร.....	31
2.6	ความต้องการพลังงานในโคนม	32
	2.6.1 หน่วยของพลังงาน	32
	2.6.2 การจำแนกพลังงาน	33
	2.6.3 การประเมินค่าพลังงานแบบการนำเสนอของ Weiss และคณะ....	34
	2.6.4 ความต้องการพลังงานของโคนม	36
2.7	ความต้องการโปรตีนในโคนม	37
	2.7.1 ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ	37
	2.7.2 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต	37
	2.7.3 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์	37

หน้า

2.7.4 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม 37

2.7.5 การคำนวณความต้องการโปรตีนในโคนม 37

2.8 การประเมินค่าพลังงานในอาหารตามระบบ NRC (2001) 38

2.8.1 การคำนวณค่า TDN 39

2.8.2 พลังงานย่อยได้ 43

2.8.3 พลังงานใช้ประโยชน์ 45

2.8.4 พลังงานสุทธิ 45

2.9 การคำนวณความต้องการพลังงานของโคนม 47

2.9.1 Net energy lactation requirement for maintenance 47

2.9.2 Net energy lactation requirement for growth 47

2.9.3 Net energy lactation requirement for lactation 48

2.10 การคำนวณความต้องการโปรตีน 48

2.10.1 Metabolizable protein requirement for maintenance 48

2.10.2 Metabolizable protein requirement for growth 49

2.10.3 Metabolizable protein requirement for lactation 49

2.11 ผลผลิตของน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม 50

2.11.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม 50

2.11.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม 51

2.12 การเกิดโรค Rumen acidosis 52

2.12.1 โรค Rumen acidosis 52

2.12.2 ระดับของ pH ภายในกระเพาะหมักที่ส่งผลต่ออัตราการผลิต VFA 53

2.12.3 ผลของ Rumen acidosis ที่มีต่อคุณภาพผลผลิตน้ำนมของโค 54

2.12.4 แนวทางการแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis 55

2.13 การให้น้ำนมของโคนม 56

2.13.1 เต้านม 56

2.13.2 น้ำนม 57

2.13.3 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนม 58

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 62

3.1 การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์..... 62

3.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม 63

		หน้า
	3.3 การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก	63
	3.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน	63
	3.5 การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	64
	3.6 การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	64
บทที่ 4	การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ	65
	4.1 คำนำ	65
	4.2 วัตถุประสงค์	65
	4.3 อุปกรณ์และวิธีการ	65
	4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	67
	4.5 ผลการทดลอง	67
	4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	74
	4.7 สรุปผลการทดลอง	75
บทที่ 5	การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม	77
	5.1 คำนำ	77
	5.2 วัตถุประสงค์	77
	5.3 อุปกรณ์และวิธีการ	77
	5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	81
	5.5 ผลการทดลอง	81
	5.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	86
	5.7 สรุปผลการทดลอง	90

		หน้า
บทที่ 6	การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก	91
	6.1 คำนำ	91
	6.2 วัตถุประสงค์	91
	6.3 อุปกรณ์และวิธีการ	91
	6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	93
	6.5 ผลการทดลอง	93
	6.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	94
	6.7 สรุปผลการทดลอง	96
บทที่ 7	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน	100
	7.1 คำนำ	100
	7.2 วัตถุประสงค์	100
	7.3 อุปกรณ์และวิธีการ	100
	7.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	101
	7.5 ผลการทดลอง	101
	7.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	102
	7.7 สรุปผลการทดลอง	103
บทที่ 8	การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก	105
	8.1 คำนำ	105
	8.2 วัตถุประสงค์	105
	8.3 อุปกรณ์และวิธีการ	105
	8.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	107
	8.5 ผลการทดลอง	107
	8.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	110
	8.7 สรุปผลการทดลอง	114

		หน้า
บทที่ 9	การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก	122
	9.1 คำนำ	122
	9.2 วัตถุประสงค์	122
	9.3 อุปกรณ์และวิธีการ	122
	9.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	123
	9.5 ผลการทดลอง	124
	9.6 วิจารณ์ผลการทดลอง	126
	9.7 สรุปผลการทดลอง	128
เอกสารอ้างอิง		129
ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย		139

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	สรุปข้อมูลด้านต่างๆ ของพันธุ์อ้อยที่คัดเลือกเพื่อเป็นอาหารสำหรับโคนม	10
ตารางที่ 2.2	ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่าง ๆ กันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดและฟางข้าว	10
ตารางที่ 2.3	ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย	12
ตารางที่ 2.4	แสดงให้เห็นถึงผลผลิตของพันธุ์อ้อยที่อายุต่าง ๆ กัน	14
ตารางที่ 2.5	ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกและพบตามผิวของพืชอาหารสด	18
ตารางที่ 2.6	Processing adjustment factors (PAF) for NFC (NRC, 2001)	40
ตารางที่ 2.7	True digestibility coefficients of CP used to estimate TDN_{1X} values of animal-based feedstuffs (NRC, 2001)	42
ตารางที่ 2.8	True digestibilities at Maintenance (assumed 8% increase in digestibility compared with 3X maintenance) of Fatty acids from Various Fat Sources (NRC, 2001)	43
ตารางที่ 2.9	การแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis โดยใช้ระดับของค่า pH เป็นเกณฑ์	53
ตารางที่ 2.10	อัตราการผลิต VFA_S เมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะหมัก ลดต่ำกว่า 5.9	54
ตารางที่ 2.11	การเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีผลต่อส่วนประกอบในน้ำนมของโค	54
ตารางที่ 2.12	การปรับค่าของ pH ภายในกระเพาะหมักให้สมดุลโดยใช้ $NaHCO^-_3$ ผสมในสูตรอาหาร	55
ตารางที่ 4.1	แสดงผลผลิตและปริมาณโปรตีนของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ	71
ตารางที่ 4.2	แสดงโภชนะของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ	72
ตารางที่ 4.3	แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆที่อายุการตัดระยะต่างๆ	73
ตารางที่ 5.1	แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมระยะกลางของการให้นมที่ใช้ในการทดลอง	78
ตารางที่ 5.2	แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม	82
ตารางที่ 5.3	แสดงปริมาณการกินได้ วัตถุแห้ง โปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ของโคนม	82

		หน้า
ตารางที่ 5.4	แสดงผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	83
ตารางที่ 5.5	แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม	83
ตารางที่ 5.6	แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนม	84
ตารางที่ 5.7	แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (UDP) (กรัม/ตัว/วัน) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน	84
ตารางที่ 5.8	แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ	85
ตารางที่ 5.9	แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ	86
ตารางที่ 6.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	98
ตารางที่ 6.2	แสดงการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	98
ตารางที่ 6.3	แสดงการย่อยสลายได้โปรตีน และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	99
ตารางที่ 7.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา	104
ตารางที่ 8.1	แสดงคุณสมบัติของโคในแต่ละกลุ่ม	106
ตารางที่ 8.2	แสดงการจำแนกประเภทของพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	115
ตารางที่ 8.3	แสดงผลการกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	116
ตารางที่ 8.4	แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	117
ตารางที่ 8.5	แสดงผลเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม	118
ตารางที่ 8.6	แสดงผลน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	118

		หน้า
ตารางที่ 8.7	แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	119
ตารางที่ 8.8	แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ	120
ตารางที่ 8.9	แสดงความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับรับต้นอ้อยสดอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน	121
ตารางที่ 9.1	แสดงระดับความเป็นกรดด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	124
ตารางที่ 9.2	แสดงปริมาณ VFA_S ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	126

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 9.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเป็นกรดด่าง (Rumen pH) ภายในกระเพาะหมัก ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง	125

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจหลายชนิดในทุกๆภาคของประเทศ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งในอุตสาหกรรมการทำน้ำตาลทราย ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2546) ได้รายงานการปลูกอ้อยในปีเพาะปลูก 2544/45 มีพื้นที่ปลูกรวมกันทั้งประเทศประมาณ 6,319,609 ไร่ ให้ผลผลิตอ้อยเข้าโรงงานทั้งสิ้น 60,012,977 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 9,496 ตัน/ไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยคิดเป็นร้อยละ 38.72 และ 39.58 ตามลำดับ (http: //oae.go.th)

การเลี้ยงโคนมเป็นอาชีพหนึ่งที่มีศักยภาพสูง เนื่องจากผลผลิตน้ำนมดิบมีตลาดรองรับแน่นอนและไม่ต้องประสบกับปัญหาด้านราคาจำหน่ายเหมือนกับผลผลิตทางการเกษตรอย่างอื่น ทำให้มีรายได้ที่แน่นอนประกอบกับได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐบาลอย่างต่อเนื่องเสมอมา จึงทำให้เกษตรกรมีความต้องการเลี้ยงโคนมกันมากขึ้น ส่งผลทำให้ประชากรโคนมได้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายที่จะเพิ่มจำนวนโคนมขึ้นอีกระหว่างแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (2545-2549) โดยได้วางเป้าหมายอัตราการเพิ่มจำนวนแม่โคนมที่ 7.24% ต่อปี เพื่อเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำนมดิบภายในประเทศที่ 9.12% ต่อปี ซึ่งปี 2545 ปริมาณน้ำนมดิบที่ผลิตได้ภายในประเทศไทย 660,297 ตัน/ปี คิดเป็น 40.90% ของความต้องการรวมภายในประเทศ (สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และการถ่ายทอดเทคโนโลยี, 2546) และเพื่อทดแทนการนำเข้านมและผลิตภัณฑ์นมจากต่างประเทศเป็นมูลค่าหลายพันหลายบาทต่อปี จากรายงานของ สารกิจ (2546) ระบุว่า จำนวนประชากรโคนมในปี 2545 มีทั้งหมดประมาณ 374,648 ตัว เป็นแม่โครีดนมประมาณ 189,946 ตัว (คิดเป็น 50.7% ของจำนวนโคทั้งหมด) ผลิตน้ำนมดิบได้ประมาณ 1,956 ตัน/วัน อัตราการบริโภคน้ำนม 9.67 กก./คน/ปี ซึ่งอัตราการบริโภคของนมและผลิตภัณฑ์นมของประเทศเพิ่มขึ้น 19-21% ต่อปี จากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโคนมอย่างต่อเนื่องทุกปีนี้เอง ย่อมส่งผลกระทบต่อความต้องการอาหารโดยรวมของโคนมโดยเฉพาะอาหารหยาบที่เป็นอาหารหลักสำหรับโคนมซึ่งจำเป็นต้องมีอยู่ในปริมาณที่พอเพียงและมีอยู่อย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี การปลูกพืชอาหารสัตว์กระทำได้ในปริมาณค่อนข้างจำกัดเพราะพื้นที่ทางการเกษตรมีปริมาณจำกัดหรือพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่อการอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นสาเหตุให้การผลิตอาหารหยาบไม่เพียงพอกับความต้องของโคนมที่เพิ่มจำนวนขึ้นทุกวัน โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน-เมษายน) ของแต่ละปีจึงทำให้การขาดแคลนอาหารหยาบทั้งปริมาณและคุณภาพสำหรับใช้เลี้ยงโคนมทวีความรุนแรงเพิ่มมากยิ่งขึ้นหากไม่ได้รับการแก้ไขให้ตรงจุดและเหมาะสมย่อมมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้ำนมดิบทั้งระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้นการนำใช้

ประโยชน์จากต้นอ้อยสดเลี้ยงโคนมนับวันจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นเนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย สามารถขึ้นเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูแล้งทำให้สามารถปลูกอ้อยเพื่อเลี้ยงโคนมในหน้าแล้งได้ ซึ่งจะช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งหรืออาจช่วยลดการแทะเล็มพืชอาหารสัตว์มากเกินไป (over grazing) ในช่วงฤดูฝนซึ่งนอกจากอ้อยสามารถเจริญเติบโตและมีความสามารถทนแล้งได้ดีในฤดูแล้งแล้ว ฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยและหีบอ้อยก็อยู่ในระหว่างช่วงฤดูแล้งที่มักเกิดการขาดแคลนอาหารหยาบนี้ด้วย

การนำต้นอ้อยสดมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมส่วนใหญ่นิยมใช้ต้นอ้อยที่มีอายุประมาณ 10 เดือนขึ้นไป ซึ่งจะเป็นอ้อยที่เตรียมเข้าโรงงาน ต้นอ้อยเหล่านี้จะมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำทั้งโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุและไวตามินที่สำคัญแต่มีระดับเยื่อใยของโครงสร้างสูง (Structural carbohydrate) สูง การนำใช้ประโยชน์จึงควรมีการปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยทั้งทางกายภาพและทางเคมีเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะและเพิ่มการย่อยได้ การปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยอาจทำได้โดยการสับให้มีขนาดเล็กประมาณ 2-3 นิ้ว เพื่อให้โคกินได้สะดวกและไม่เลือกกินเฉพาะใบหรือการวางแผนจัดการการปลูกอ้อยเพื่อกำหนดอายุการตัดให้เหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยพิจารณาจากปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะทั้งนี้ เพื่อให้ได้อ้อยมีคุณภาพที่มีระดับของโภชนะที่เหมาะสมโดยเฉพาะปริมาณของน้ำตาลและปริมาณของเยื่อใยของอ้อยที่เหมาะสม ไม่ใช่ใช้อ้อยที่เตรียมส่งโรงงานอย่างที่เคยปฏิบัติ ฉะนั้นการปลูกอ้อยเพื่อเป็นอาหารโคนมต้องมีการจัดการวางแผนที่ดี ทั้งด้านการเตรียมดิน พันธุ์อ้อย การปลูกและการดูแลบำรุงรักษา

โดยทั่วไปแล้วต้นอ้อยที่เหลือจากโควตาโรงงานน้ำตาลนั้นจะมีอายุประมาณ 10-12 เดือน ซึ่งต้นอ้อยเหล่านี้จะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ (มีปริมาณโปรตีนและไขมันต่ำ) ย่อยได้ยาก (มีปริมาณไฟเบอร์สูง) แต่ต้นอ้อยที่มีอายุประมาณ 6 เดือน จะเป็นต้นอ้อยที่มีคุณภาพดีเหมาะที่จะนำมาใช้เลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากมีระดับของโปรตีนสูงและมีระดับของเยื่อใยในระดับที่เหมาะสม ตลอดจนการสะสมของน้ำตาลอ้อยยังไม่สูงเกินไป (เมธา, 2540; เพลิน, 2546) ดังนั้นหากต้นอ้อยที่มีอายุ 6 เดือน มีความเหมาะสมจริง ก็สามารถที่จะไปส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอ้อย และตัดต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือน เพื่อที่จะนำมาใช้สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งได้ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยก็จะสามารถตัดต้นอ้อยได้ถึง 2 ครั้ง/ปี แต่ในการตัดต้นอ้อยในช่วงแรกนั้น จะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีพืชอาหารสัตว์อยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องนำมาเก็บรักษาคุณภาพโดยใช้กรรมวิธีในการหมัก เพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ อย่างไรก็ตามต้นอ้อยที่จะนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมนั้นมีองค์ประกอบที่เป็นน้ำตาลอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งพบว่าการที่โคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินความต้องการ จะส่งผลต่อสุขภาพของโคนม ซึ่งก็คือโคนมจะเกิดโรค Rumen acidosis (Hutjens, 1996) ถึงแม้ว่าแนวโน้มการใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นในปัจจุบัน แต่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศไทยกลับมีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะมีการวิจัยในประเ

พืชเศรษฐกิจหลัก เช่น ในประเทศคิวบา บราซิล เปอร์โตริโก อินเดีย และฟิลิปปินส์ (มนัส, 2539) ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จะแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง ร่วมกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นถึงการศึกษาปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์ที่อายุการตัดระยะต่างๆ การนำใช้ประโยชน์ของต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม การใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง ร่วมกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยเป็นแหล่งของอาหารหยาบ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบปริมาณผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของต้นอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ที่มีระดับของโภชนะเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

2. เพื่อศึกษาผลของการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมของโครีดนมในระยะกลางของการให้น้ำนม (Mid lactation) ที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบโดยเปรียบเทียบกับโครีดนมที่ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี

3. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีกรรมในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

4. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังจากผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

5. เพื่อศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Crossbred Holstein Friesian) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก

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

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยมุ่งเน้นถึงการศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์เพื่อใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม การศึกษาถึงผลการนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนม เพื่อทดแทนการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลาย

ได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ระยะเวลาเก็บรักษาแตกต่างกัน ผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Crossbred Holstein Friesian) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก และผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

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

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

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

2.1 อ้อย (Sugar cane)

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งที่สามารถปลูกได้เกือบทุกภาคของประเทศใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อใช้อุปโภคบริโภคภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออกเป็นอันดับแรกๆ ของประเทศ การปลูกอ้อยมีมาตั้งแต่สมัยสุโขทัยเป็นราชธานีจนถึงปัจจุบันมี

พื้นที่ปลูกอ้อยแต่ละปีประมาณ 5-6 ล้านไร่ โดยพื้นที่ที่ปลูกอ้อยมาก คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ และจังหวัดที่ปลูกอ้อยมาก ได้แก่ กาญจนบุรี สุพรรณบุรี อุดรธานี กำแพงเพชร นครราชสีมา ชัยภูมิ นครสวรรค์ ราชบุรี ขอนแก่นและชลบุรี ตามลำดับ (ประเสริฐ, 2542)

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

2.1.1 พฤกษศาสตร์ทั่วไป

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

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

2.1.1.2 ลำต้น อ้อยสามารถขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศโดยใช้ส่วนของลำต้น (Cutting, Set หรือ Seed cane) ลำต้นอ้อยมีอยู่ 2 ส่วน ได้แก่ส่วนที่อยู่ใต้ดินและเหนือดิน ส่วนที่อยู่ใต้ดินเรียกว่าตอหรือเหง้า ส่วนที่อยู่เหนือดิน เป็นส่วนที่รองรับใบและช่อดอก บริเวณลำต้นเหนือดินจะสังเกตเห็นข้อและปล้องอย่างชัดเจน ข้อเป็นส่วนรองรับใบ เมื่อใบหลุดจะปรากฏรอยกาบใบให้เห็น ความยาวระหว่างปล้องจากรอยกาบใบหนึ่งถึงรอยกาบใบถัดไป เรียกรวมกันว่า ข้อปล้อง (Joint) บริเวณใต้รอยกาบใบมีวงแหวนที่มีขี้ผึ้งหรือไขเกาะอยู่หนากว่าส่วนอื่นของลำต้น เรียกว่า ไข เหนือรอยกาบใบมีวงแหวนที่มีปุ่มซึ่งเป็นแหล่งให้กำเนิดราก เรียกว่า ปุ่มราก เป็นบริเวณเกิดราก เหนือ

บริเวณเกิดรากเป็นวงเจริญหรือวงแหวน ในแต่ละข้อมี 1 ตา เกิดสลับกันตามข้อบนลำต้น เมื่อปลูกอ้อยด้วยท่อนพันธุ์ตาอ้อยจะเจริญเป็นส่วนลำต้น ลำต้นประกอบขึ้นด้วยหลายข้อและปล้อง ซึ่งมีความยาวต่างกัน ตอนโคนสั้นมากและค่อยๆยาวขึ้นๆ จนถึงยาวที่สุดแล้วความยาวก็ลดลงอีกเมื่อใกล้ยอด ที่ผิวลำต้นอาจปรากฏรอยแตกตื้นหรือรอยลายงา และรอยแตกลึก การเกิดรอยแตกตามลำต้นขึ้นอยู่กับพันธุ์อ้อยและสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะเมื่ออ้อยเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

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

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

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

2.1.2 การเจริญเติบโตของอ้อย

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

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

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

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

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

การเจริญเติบโตและการสะสมน้ำตาลของอ้อยไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน ในขณะที่อ้อยเจริญเติบโตมากก็จะมีการสะสมน้ำตาลน้อย เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นการเจริญเติบโตจะลดลงก็ทำให้มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น อย่างไรก็ตามมักมีอิทธิพลของพันธุ์และสภาพแวดล้อมมาเกี่ยวข้องอยู่ด้วยเสมอ

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

น้ำหนัก 1 ตันจะให้ผลผลิตน้ำตาล 96.74 กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2541)

2.1.3 สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสม

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

2.1.4 การเตรียมดินปลูกอ้อย

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

2.1.5 ฤดูปลูกอ้อย

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

2.1.6 การเตรียมท่อนพันธุ์

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

2.1.7 พันธุ์อ้อย

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

ตารางที่ 2.1 แสดงลักษณะและถิ่นกำเนิดของอ้อยที่ Species ต่างกัน

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

ที่มา: Hunsigi (1993)

ในปัจจุบันอ้อยที่เกษตรกรใช้ปลูกคาดว่ามีประมาณ 200 พันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมตามแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญนั้นมีอยู่ราว 30 พันธุ์ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2537) พันธุ์อ้อยส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ อีกส่วนหนึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้รับการผสมคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์โดยนักวิชาการไทย อ้อยพันธุ์ต่างๆ เหล่านี้มีความแตกต่างในด้านผลผลิต (ตัน/ไร่) การแตกกอ (Tillering) ความสามารถทนทานต่อความแห้งแล้ง โรค และแมลง ดินที่ขึ้นได้ดี รวมทั้งการเจริญเติบโต สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายร่วมกับศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี และศูนย์วิจัยอ้อยน้ำตาลวังขนาย ได้รวบรวมพันธุ์อ้อยต่างๆ รวมทั้งสรุปข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างข้อมูลด้านต่างๆ ของพันธุ์อ้อยบางพันธุ์

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

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2537)

เนื่องจากพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะและคุณสมบัติประจำพันธ์ที่แตกต่างกันไป จึงทำให้การนำพันธุ์อ้อยมาปลูกแต่ละพื้นที่จะต้องคัดเลือกก่อนนำมาปลูกเพื่อให้มีความเหมาะสม ซึ่งพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกกันสามารถแบ่งตามภาคต่างๆ ได้ดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2539)

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

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

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

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

2.1.8 การปลูกอ้อย

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

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

2.1.9 โรคและแมลงศัตรูอ้อย

โรคอ้อยที่พบในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด เช่น โรคใบขาว โรคใบด่าง โรคแส้ดำ โรคฟีจิ โรคลำต้นเน่าแดงและเส้นใบแดง โรคลำต้นแห้งและโรคเหี่ยวเน่า เป็นต้น ส่วนแมลงศัตรูอ้อยที่พบก็มีหลายชนิดเช่นกัน เช่น หนอนกอลาย หนอนกอสีชมพู หนอนกอสีขาว เพลี้ยหอยอ้อย แมลงหวี่ขาวอ้อย ปลวก แมลงนูนหลวงและด้วงหนวดยาว เป็นต้น ซึ่งวิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันและ

กำจัดโรคและแมลงศัตรูอ้อย คือ การใช้พันธุ์ต้านทาน ฉะนั้นคุณภาพของท่อนพันธุ์อ้อยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องเอาใจใส่ และถ้าเป็นไปได้ควรจัดทำแปลงขยายพันธุ์ของตนเอง โดยการปลูกอ้อยที่ผ่านการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะช่วยป้องกันกำจัดโรคและแมลงได้

2.1.10 คุณค่าทางโภชนะของอ้อย

คุณค่าทางโภชนะของอ้อยมีความแปรปรวนมักขึ้นอยู่กับ พันธุ์ของอ้อย อายุการตัด สภาพดินฟ้าอากาศ การใส่ปุ๋ย และการจัดการต่างๆ โดยทั่วไปอ้อยจะมีโปรตีนค่อนข้างต่ำและมีเยื่อใยสูง แต่โคสามารถย่อยและใช้ประโยชน์จากเยื่อใยเหล่านี้ได้ โดยจุลินทรีย์ใน Rumen เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ได้จากเยื่อใยในอาหารหยาบชนิดอื่นๆ ซึ่งการมีเยื่อใยสูงในอ้อยจะทำให้การย่อยได้ของอ้อยต่ำ ใน Rumen จะมีการสะสมของเยื่อใยอยู่ใน Rumen นานทำให้อัตราไหลของอาหารออกจาก Rumen ช้า เป็นเหตุให้สัตว์กินได้น้อย อย่างไรก็ตามเยื่อใยจะช่วยการกระตุ้นการหลั่งน้ำลายของโคทำให้สภาพภายใน Rumen เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นผลทำให้มีการย่อยได้ของอาหารได้เร็วยิ่งขึ้น ในตารางที่ 2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอ้อยที่อายุต่างๆกันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพดฝักอ่อน หญ้ารูซี่ และฟางข้าว (เมธาและฉลอง, 2533) และตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยสด ยอดอ้อย และชานอ้อย จะเห็นได้จากตารางทั้งสองว่าอาหารหยาบเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างต่ำ โดยโปรตีนจะลดต่ำลงเมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นแต่คาร์โบไฮเดรตพวกที่ละลายได้ง่ายจะสูงขึ้น

การนำอ้อยมาใช้ประโยชน์เป็นอาหารโคนมควรทำการวางแผนการจัดการต่างๆ และปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อน เพื่อทำให้คุณค่าทางโภชนะมีระดับเหมาะสม และมีการใช้ประโยชน์ได้อย่างประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้สัตว์ได้รับโภชนะอย่างเพียงพอต่อความต้องการส่งผลทำให้การให้ผลผลิตด้านต่างๆได้ตามศักยภาพของโคนม

ตารางที่ 2.3 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อยที่อายุต่างๆกันเปรียบเทียบกับต้นข้าวโพด หญ้ารูซี่ และฟางข้าว (% on DM basis)

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

ที่มา: เมธาและฉลอง (2533)

2.1.11 การปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย

การนำต้นอ้อยสดทั้งต้นมาเลี้ยงโคนมจะทำให้โคเลือกกินและไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ เนื่องจากเปลือกต้นอ้อยมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยLigninและซิลิกา ดังแสดงในตารางที่ 2.4 ซึ่งจะทำให้เปลือกต้นอ้อยแข็งทำให้โคกัดกินได้ยาก ดังนั้นจะต้องปรับปรุงคุณภาพของต้นอ้อยก่อนนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

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

2) วิธีใช้สารเคมี ปรับปรุงคุณภาพต้นอ้อย มีผลทำให้ส่วนประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง เมื่อนำมาเลี้ยงโคจะทำให้การย่อยได้เพิ่มมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างดีมีประสิทธิภาพ เช่น การหมักต้นอ้อยที่สับเป็นชิ้นเล็กด้วยยูเรีย เป็นต้น

2.1.12 การใช้ต้นอ้อยสดเลี้ยงโค

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

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

ตารางที่ 2.4 ส่วนประกอบทางเคมีของต้นอ้อย ยอดอ้อยและชานอ้อย (% on DM basis)

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

ที่มา: Rangnekar (1988)

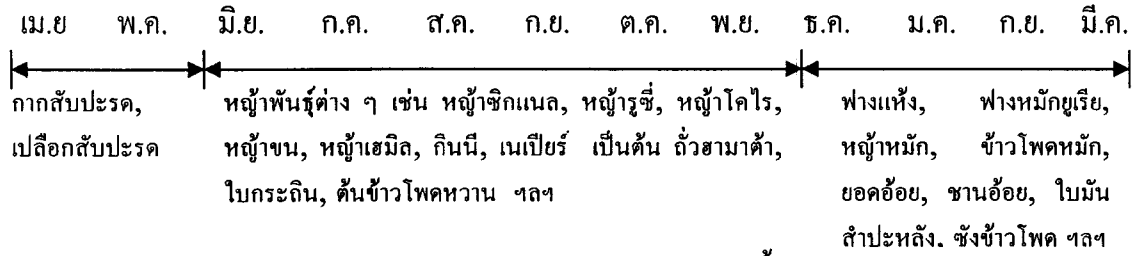
อาหารเสริมที่ให้ผลตอบสนองต่อผลผลิตสัตว์สูงสุดเห็นจะเป็นปลายข้าวที่ระดับ 10-15% DM ของอาหารทั้งหมด กล่าวคือโคเนื้อจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นระหว่าง 600-900 กรัม/ตัว เมื่อเสริมต้นอ้อยสดด้วยปลายข้าววันละ 600-1,200 กรัม/ตัว (Preston et al., 1976) และกากน้ำตาลผสมยูเรียวันละ 1.8-2.2 กิโลกรัม/ตัว (Lopez et al., 1976) ปลายข้าววันละ 600-1,200 กรัม/ตัว และกากเมล็ดฝ้าย (Creek et al., 1976) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปลายข้าวอุดมไปด้วยโปรตีน (amino acids) ไขมัน และแป้งซึ่งเป็นโภชนะที่จำเป็นสำหรับสัตว์และแป้งจากปลายข้าวเป็นแป้งที่มีความสามารถไหลผ่าน Rumen ได้สูง (bypass starch; Elliot et al., 1978a) นอกจากนี้ Elliot et al., (1978b) ยังพบว่าปริมาณของ Non-ammonia nitrogen จากจุลินทรีย์และจากอาหารที่สัตว์กินไหลผ่านไปยังลำไส้-เล็กเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อปริมาณปลายข้าวในอาหาร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปลายข้าวไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทางหนึ่ง และโดยตัวของปลายข้าวเองมี Bypass protein ค่อนข้างสูงด้วย Pate (1981) พบว่าการใช้ต้นอ้อยตัดสดขนาด 1 cm เลี้ยงโคเนื้อที่ระดับ 30% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) และ 60% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในการย่อยได้ของ DM, OM, NDF และ ADF แต่การกินได้และการเพิ่มน้ำหนักตัวที่ระดับ 30% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) สูงกว่าที่ระดับ 60% (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) (10.68 กิโลกรัม/วัน, 9.35 กิโลกรัม/วัน และ 0.84 กิโลกรัม/วัน, 0.67 กิโลกรัม/วัน; $P<0.01$) ตามลำดับ)

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

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

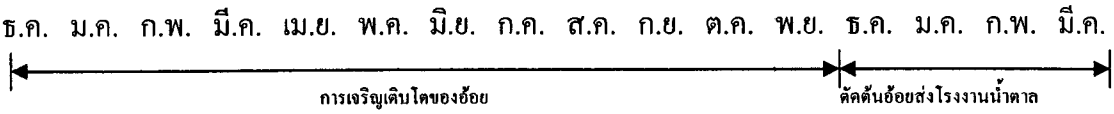
2.1.13 พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมของประเทศไทย

พืชอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับโคนมของประเทศไทยในแต่ละเดือนจะแสดงให้เห็นดังนี้คือ

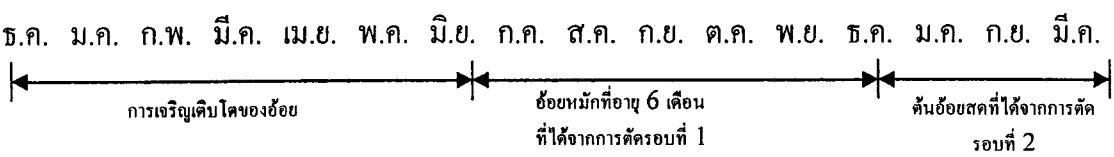


ในส่วนของการนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งจะแสดงให้เห็นดังนี้คือ

ต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน



ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน



ซึ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้ จะใช้ต้นอ้อยสดที่อายุ 10-12 เดือน โดยไม่ผ่านกรรมวิธีในการหมัก ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยเพื่อส่งโรงงานน้ำตาลจะอยู่ในช่วงเดือน ธันวาคม – มีนาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูแล้งที่โคนมขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องนำมาเก็บรักษาโดยกรรมวิธีในการหมัก ซึ่งเกษตรกรสามารถตัดสดให้โคนมกินได้ในทันที นอกจากนั้นในช่วงต้นฝน (เมษายน-พฤษภาคม) ถึงแม้ว่าพืชอาหารสัตว์ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ แต่ก็ยังมีผลพลอยได้ทางการเกษตรที่ใช้กันอยู่ในช่วงดังกล่าว ได้แก่ กากสับปะรด เปลือกสับปะรด เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีความจำเป็นที่จะทำการหมักต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน แต่ในส่วนของต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือน ซึ่งในการตัดต้นอ้อยในช่วงแรกนั้น จะเป็นช่วงฤดูฝนซึ่งจะมีพืชอาหารสัตว์อยู่อย่างเพียงพอ ดังนั้นจึงต้องนำมาเก็บรักษาคุณภาพโดยใช้กรรมวิธีในการหมัก เพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในช่วงฤดูแล้ง และการตัดต้นอ้อยที่อายุ 6 เดือนในครั้งที่ 2 นั้น จะอยู่ในช่วงฤดูแล้ง ก็สามารถที่จะตัดสดนำใช้ได้ทันที

2.2 พืชอาหารหมัก (Silage)

พืชอาหารหมัก (Silage) เป็นอาหารที่เตรียมโดยอาศัยขบวนการหมัก (Fermentation) ของพืชอาหารที่มีความชื้นสูง ขบวนการทำการหมักเรียกว่า Ensilage ที่หมักเรียกว่า Silo ซึ่งมีหลายแบบและสามารถดัดแปลงนำมาใช้ได้ ขบวนการหมักเกิดขึ้นเนื่องจากการควบคุมให้มีการทำงานของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติค ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะมีติดอยู่กับพืชสด หรือเกิดขึ้นโดยการจำกัดขบวนการหมักโดยการตากลดความชื้น (Pre-wilting) ของพืชหรือจำกัดโดยการเติมสารเคมี (Additive) ซึ่งขบวนการหมักนี้จะต้องอยู่ในสภาพปราศจากออกซิเจน (Anaerobic) พืชเกือบทุกชนิดจะสามารถนำมาหมักได้ (วิศิษฐิพร, 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 ถ้าให้ร่วมกับอาหารที่มีลักษณะแห้งมาก จะช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหารนั้น ทำให้สัตว์กินได้มาก

2.2.1.1.3 ช่วยลดแนวโน้มที่อาจจะเกิดโรคท้องอืดได้ (Bloat) โดยเฉพาะถ้าพืชที่นำมาหมักนั้นเป็นพวกตระกูลถั่ว

2.2.1.1.4 อาจจะเป็นวิธีในการลดสารพิษ (Detoxifying) ที่มีอยู่ในพืชนั้น ๆ เช่น กรดไซยานิคในมันสำปะหลัง

2.2.1.1.5 สามารถถนอมเก็บรักษาพืชอาหารไว้ใช้ได้เป็นเวลานาน ๆ โดยเฉพาะในช่วงที่ขาดแคลนอาหารสัตว์

2.2.1.2 ข้อเสีย

2.2.1.2.1 สัตว์ที่กินพืชอาหารหมักเข้าไปแล้วอาจจะทำให้มูลเหลว (Laxative effect) บางครั้งจึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงการใช้อาหารหมัก เช่น ช่วงก่อนคลอดหรือหลังคลอด

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 มีคุณค่าทางโภชนะที่ดี คือ อยู่ในช่วงการเจริญเติบโตที่เหมาะสม เช่น ข้าวโพด ควรอยู่ในระยะเมล็ดเป็นน้ำนม

2.2.2.3 ควรสับพืชให้มีความยาวประมาณ 3-5 cm

2.2.2.4 ควรกองอัดพืชให้แน่นโดยปราศจากอากาศ

2.2.3 จุลชีววิทยาของพืชอาหารหมัก (Silage microbiology)

แบคทีเรียและเชื้อราพวกใช้ออกซิเจนมีติดอยู่ตามพืชอาหารสดเป็นส่วนใหญ่ แต่ในสภาพปราศจากออกซิเจนใน Silo จุลินทรีย์พวกอื่นจะเจริญเติบโตมาแทน คือ สกุล *Escherichia, Klebiella, Bacillus, Clostridium, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus* และ *Pediococcus* นอกจากนั้นมียีสต์พวกที่สามารถอยู่ได้ทั้งสองสภาพ (Facultative anaerobes)

แบคทีเรียพวกผลิตกรดแลคติก (Lactic acid bacteria) เป็นพวก Facultative ซึ่งติดอยู่กับผิวนอกของพืชอาหารสดในปริมาณมาก แบคทีเรียพวกนี้แบ่งออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ พวก Homofermentative เป็นพวกที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแลกติคและพวก Heterofermentative เป็นพวกที่ผลิตกรดแลกติค คาร์บอนไดออกไซด์ และเอธานอลชนิดต่าง ๆ ของแบคทีเรีย แสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ชนิดแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกและพบตามผิวของพืชอาหารสด

Homofermentative	Heterofermentative
Lactobacillus platarum	*Lactobacillus brevis*
Pediococcus acidilactice	*Lactobacillus buchneri*
Streptococcus durans	*Lactobacillus fermentum*
Streptococcus faecalis	*Lactobacillus viridescens*
Streptococcus faecium	*Leuconostoc mesenteroides*
Streptococcus lactis	

McDonald et al. (1981)

หลังจากที่เริ่มมีการหมักแล้ว แบคทีเรียกลุ่มนี้จะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว และจะหมักสลายพวกแป้งที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate) จะได้กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่ คือ กรดแลคติก ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของอาหารหมักจะลดลงทันที pH นับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในระดับความชื้นที่ไม่เหมาะสม (pH) จะแสดงความวิกฤตที่จุด ๆ หนึ่ง โดยกรดอินทรีย์จะชงักการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ pH 3.8-4 กิจกรรมของจุลินทรีย์จะหยุดทั้งหมด ทำให้ได้พืชอาหารหมักที่มีสภาพดีและลักษณะเหมาะสม ซึ่งสามารถเก็บไว้ได้นานถ้ายังคงสภาพปราศจากออกซิเจน

ถ้า pH ไม่คงที่แบคทีเรียพวก Saccharolytic clostridia ซึ่งติดมากับอาหารในรูปของสปอร์ตั้งแต่แรกจะทำการแบ่งตัว และใช้ประโยชน์จากรดแลคติกและแป้ง ทำให้ pH สูงขึ้น นอกจากนั้นแบคทีเรียพวก Less-acid-tolerant proteolytic clostridia จะเริ่มมีสมรรถภาพพวก Clostridia นี้จะมีสมรรถภาพสูงในสภาวะที่มีความชื้นสูง

2.2.4 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในระยะการหมัก (เมธา, 2533)

2.2.4.1 แป้ง

น้ำย่อยในเซลล์พืชที่เกี่ยวข้องกับการหายใจจะยังทำงานไปเรื่อย ๆ ตราบที่สภาวะยังมีออกซิเจนและ pH ยังสูงอยู่ แป้งในพืชจะถูกออกซิไดซ์ให้ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งในช่วงนี้ความร้อนจะสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิของอาหารหมักสูงขึ้น ถ้าในการเตรียมกองหมักไม่แน่นดีจะทำให้อากาศแทรกซึมเข้าไปได้ ทำให้อุณหภูมิในกองหมักสูงขึ้นเรื่อย ๆ ในที่สุดจะทำให้ได้อาหารหมักเกรียมสีน้ำตาลเข้ม (Overheated silage) เป็นอาหารหมักคุณภาพเลว

ภายใต้สภาวะปกติซึ่งปราศจากออกซิเจน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจะหมักสลายแป้งให้ได้กลูโคส และฟรุคโตสให้ได้กรดแลคติกและกรดชนิดอื่น ๆ แบคทีเรียพวก Homofermentive มีบทบาทมากในการหมักสลายน้ำตาลพวกเฮกโซส (Hexose) และการไฮโดรไลซิสของพวก Hemicellulose ให้ได้น้ำตาลพวกเพนโตส ซึ่งจะถูกหมักต่อไปได้กรดแลคติกในที่สุด

2.2.4.2 โปรตีน

ประมาณ 75-90% ของไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในรูปของโปรตีนในพืชที่กำลังเจริญเติบโต หลังจากที่พืชถูกเก็บเกี่ยวแล้วน้ำย่อยโปรทีเอสในพืชจะย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนภายในระยะเวลา 12-24 ชั่วโมง ประมาณ 20-25% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด จะถูกเปลี่ยนให้เป็นไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (Non-protien-nitrogen, NPN) ซึ่งส่วนใหญ่คือ กรดอะมิโน แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถย่อยสลายกรดอะมิโนบางตัวได้ เช่น ย่อย Serine ได้ Acetoin และย่อย Arginine ได้ Ornithine แต่ถ้ามีพวก Clostridia มาก จะมีการ Metabolites กรดอะมิโนในอัตราสูง ทั้งนี้โดยอาศัยขบวนการ 3 แบบ คือ Deamination, Decarboxylation และ Coupled oxidation/reduciton ซึ่งจะทำให้เกิดพวก Amines, NH_3, CO_2, Keto acid และ Fatty acid

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

ความสามารถของพืชในการควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (Bc) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อขบวนการทำอาหารหมักมาก ถ้าพืชอาหารหมักมี pH อยู่ในช่วง 4-6 การควบคุม pH นั้นประมาณ 70-80% จะเป็นผลของเกลืออินทรีย์ เช่น พวกเกลือออร์โธฟอสเฟต ซัลเฟต ไนเตรท และคลอไรด์ ส่วนอีก 10-20% นั้นขึ้นอยู่กับโปรตีนในพืชของ "Bc" เป็นค่าของมิลลิอีควิฟวาเลนท์ (meq) ของด่างต่อกิโลกรัมสิ่งแห้งที่เปลี่ยน pH ของพืชอาหารหมักจาก 4 ให้เป็น 6 เช่น หญ้าไรมี Bc เท่ากับ 2540-4000 ในขณะที่พืชกตระกูลถั่วมี Bc สูงกว่า คือ 500-600 ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ยากต่อการทำอาหารหมัก เพื่อให้มีคุณสมบัติดีในช่วงการหมัก ควรมีการผลิตกรด แลคติก กรดอะซิติค และกรดอื่น ๆ จะทำให้ค่า Bc สูงขึ้น การควบคุมขบวนการหมักไม่ว่าจะโดยการลดความชื้นหรือการใช้สารเคมี จะเป็นการลดการผลิตสารที่จะทำหน้าที่ควบคุมความเป็นกรดเป็นด่าง (Bc) ในพวกหญ้า กรดอินทรีย์ส่วนใหญ่คือ กรดซิตริกและกรดแมลิก ซึ่งในระยะการหมักโดยแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกให้ได้กรดแลคติก กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก เอทธานอล นิวเทนไดออล และอะเซทโตอิน

2.2.6 พิกเมนท์ (Pigment) (เมธา, 2533)

การเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดด้วยตาเปล่าในระยะการหมัก คือ สีของอาหารหมัก การที่อาหารหมักมีสีน้ำตาลอ่อนนั้นเป็นเพราะปฏิกิริยาของกรดที่มีต่อคลอโรฟิลด์ ซึ่งถูกเปลี่ยนให้เป็น Magnesium free pigment phaeophytin

การสลายตัวของสารโพรไวตามินเอ (Carotene) จะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และการเกิดออกซิเดชั่น ถ้าอุณหภูมิสูงและมีขบวนการออกซิเดชั่นมาก จะทำให้โพรไวตามินเอถูกทำลายมากในอาหารหมักที่มีลักษณะดี ปริมาณโพรไวตามินเอจะถูกทำลายน้อยกว่า 30%

2.2.7 การสูญเสียโภชนะในช่วงการหมัก (เมธา, 2533)

2.2.7.1 การสูญเสียในช่วงเก็บเกี่ยว (Filed losses)

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

2.2.7.2 การสูญเสียเนื่องจากการหายใจ (Respiration losses)

เป็นการสูญเสียเนื่องจากการทำงานของน้ำย่อยในพืช และของจุลินทรีย์ในการย่อยพวกแป้งในสภาวะที่มีออกซิเจน ผลที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปกติแล้วถ้ามีการกองพืชอัดแน่นดีจะมีการสูญเสียประมาณ 1% การที่ส่วนของพืชหมักถูกออกซิเจนเป็นเวลานาน โดยเฉพาะด้านข้างและด้านบนของกองหมักจะทำให้ส่วนนั้นเสีย สัตว์ไม่ชอบกิน การตรวจดูการสูญเสียในส่วนนี้อาจทำให้เข้าใจผิดพลาดได้ เพราะอาจมีการสูญเสียมากถึง 75% ของสิ่งแห้ง

2.2.7.3 การสูญเสียเนื่องจากการหมัก (Fermentation losses)

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

2.2.7.4 การสูญเสียในส่วนของของเหลวที่รั่วไหลออก (Effluent losses)

การไหลซึมของของเหลวจากที่เก็บ จะเป็นการนำเอาพวกโภชนะออกไปด้วย การสูญเสียของโภชนะในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นของพืชที่นำมาหมัก โภชนะที่ประกอบอยู่ในของเหลว คือ พวกน้ำตาล สารประกอบไนโตรเจน และกรดที่เกิดขึ้นจากการหมัก ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะมาก ถ้านำพืชที่มีความชื้นประมาณ 85% มาหมักจะสูญเสียสิ่งแห้งไปประมาณ 10% แต่ถ้าพืชนั้นมีความชื้นประมาณ 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) (วิศิษฐิพร, 2542)

2.3.1 ระบบประสาทที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Nervous system requlation feed intake)

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

2.3.1.1 Ventral-media area (VMA)

มีหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมความอิ่ม (Satiety) ถ้าหากได้รับการกระทบกระเทือนทำให้ผิดปกติจะส่งผลทำให้กินอาหารไม่หยุด (Reating) 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

2.3.2.1 Metabolic factor

เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการโภชนะของสัตว์ และความสามารถของสัตว์ที่จะดูดซึมและนำไปในการใช้ประโยชน์จากโภชนะ สัตว์จะพยายามที่จะปรับให้ความสมดุลย์ของพลังงานภายในร่างกายมีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม สัตว์จะพยายามที่จะรักษาสมดุลย์ของพลังงานภายในร่างกายโดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการกินอาหารในรูปพลังงาน เป็นสัดส่วนกับความต้องการพลังงานของสัตว์เอง รวมถึงสัตว์จะพยายามปรับปริมาณการกินอาหารให้เข้ากับสภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ในระยะนั้น ๆ เช่น อายุ ขนาด น้ำหนัก การตั้งท้อง การให้ผลผลิตของสัตว์ และพยายามปรับให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของอากาศ

2.3.2.1.1 ปัจจัยทางเคมี (Chemostatic Factor)

ในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นมีกรดไขมันที่ระเหยได้ (VFA_S) บางชนิดที่มีส่วนควบคุมการกินอาหาร โดยทั่วไปแล้วเมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปแล้ว ความเข้มข้นของ VFA_S จะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์กิน จากการฉีดกรดอะซิติก (C_2), กรดโพรปิออนิค (C_3) และกรดบิวทีริค (C_4) เข้าไปในทางเส้นเลือดของสัตว์ พบว่าสัตว์กินอาหารได้น้อยลง

จากการฉีดกรด C_2 เข้าไปในโคสาวสามารถทำให้โคกินฟางได้น้อยลง 39% ส่วนการใช้ VFA_S หลาย ๆ ชนิดทำให้ลูกโคกินอาหารได้น้อยลง 35-50% จากการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้พอจะสรุปถึงความรุนแรงของ VFA_S แต่ละชนิดเรียงตามความมากไปหาน้อยได้ดังนี้ $C_2 > C_3 > C_4, C_2$ จะมีผลในสัตว์ที่กินอาหารหยาบมากกว่าในสัตว์ที่กินอาหารข้น ทั้งนี้เพราะการใช้อาหารหยาบจะมีการผลิตกรด C_2 มาก และส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีผลยับยั้งต่อปริมาณการกินอาหารของสัตว์ ส่วนกรดอินทรีย์ตัวอื่น ๆ เช่น กรดแลคติค, กรดซิตริค, กรดวาลาริค และกรดฟอร์มิค 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 อาจจะมีความสามารถในการตอบสนองได้เร็วกว่า จึงมีความสามารถในการลดปัจจัยที่มีผลต่อต้านการกินอาหาร ออกจากกระแสเลือดได้อย่างรวดเร็ว

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 ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากสัตว์มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น และผลจากความเครียด (Stress) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเกิด Estrus

นอกจากนี้ยังมีฮอร์โมนและสารอื่น ๆ ที่อาจมีบทบาท เช่น Prostaglandins ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง ส่วนฮอร์โมน Glucocorticoids ซึ่งมีส่วนทำให้การใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรทได้สูงขึ้น 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) อีกทีหนึ่ง นอกจากนี้ถ้าแม่โคกำลังตั้งท้อง การเจริญเติบโตของตัวอ่อนจะทำให้เนื้อที่ภายในช่องท้องลดลง เป็นเหตุให้เกิดการจำกัดการกินของสัตว์ การควบคุมให้สัตว์หยุดกินอาหารเมื่อกระเพาะขยายเต็มที่ เกิดจากการที่ผนังกระเพาะมีประสาทรับความรู้สึกถึงการขยายตัวของกระเพาะ Rumen 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 ก็จะไหลผ่าน 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 ส่วนประกอบของผนังเซลล์ในอาหาร Hydration time, pH และความถี่ของการบีบตัวของ Rumen และ Abomasum

2.3.2.2.3 ปัจจัยทางพฤติกรรมการกินอาหารของ Grazing cattle

Grazing animal มีความยากที่จะอธิบายถึงการควบคุมการกินอาหารมากกว่าสัตว์ที่เลี้ยงดูอยู่ในคอก เพราะต้องเดินหากิน (Searching) ต้องจับดึงอาหารเข้าปาก (Prehending) และต้องเก็บเกี่ยวอาหาร (Harvesting) ดังนั้นความแตกต่าง Grazing ruminants และ Indoors feeding ruminants คือ จะมีการเข้าถึงอาหาร (Accessibility) ความสามารถในการกินอาหารคำใหญ่ ๆ เพื่อที่จะกินอาหารให้เพียงพอกับความต้องการในเวลาที่จำกัด

ถ้าปริมาณหญ้ามีให้โคกินมากมาย คุณค่าทางอาหารของหญ้าจะเป็นตัวกำหนดการกินได้ โดยมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมการแทะเล็ม สัตว์จะเลือกกินหญ้าที่มีคุณค่าทางอาหารสูง แต่ถ้าคุณค่าทางอาหารของหญ้าต่ำการกินได้จะถูกควบคุมโดย Distention mechanism ถ้ามีหญ้าน้อยคุณค่าทางอาหารของหญ้าแทบจะไม่มีผลต่อการกินได้ 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 โดยเฉลี่ยแล้วสัตว์จะกินอาหารลดลงในช่วงระยะเวลา 6 สัปดาห์ก่อนคลอด เพราะการเจริญเติบโตของตัวอ่อน และการสะสมไขมันกินพื้นที่ในช่องท้อง และอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของ Hormone ในร่างกาย

2.3.2.2.4.3 การให้นมในโคนม

ในโคนมที่กำลังรีดนมจะกินอาหารมากกว่าโคที่ไม่ได้รีดนม ซึ่งโดยทั่วไปโคที่รีดนมจะกินอาหารมากกว่าโคที่ไม่รีดนม คิดเป็นร้อยละ 42 เนื่องจากโคต้องการพลังงาน และสารอาหารไปใช้ในการผลิตน้ำนมมากขึ้น

2.4 การย่อยและการดูดซึมอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนใน Rumen

ในการเลี้ยงโคนมเพื่อให้ผลผลิตน้ำนมนั้น โคนมจะต้องได้รับโภชนะครบตามความต้องการ ในการจัดการการให้อาหารโคนมในบ้านเราอาหารหยาบเป็นอาหารหลักและต้องมีการเสริมด้วยอาหารข้นเพื่อให้โคได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการซึ่งการให้อาหารโคนมนั้นผู้เลี้ยงหรือผู้เกี่ยวข้องจะต้องเข้าใจว่าเป็นการให้อาหารทั้งแก่ตัวโคเองและเชื้อจุลินทรีย์ใน Rumen เพื่อทำการหมักอาหารที่เป็นประโยชน์ในกระบวนการผลิตน้ำนมทั้งปริมาณและคุณภาพต่อไป

ระบบการย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะในส่วนความสามารถในการย่อยได้ของอาหารเยื่อใยที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้โดยอาศัยเอ็นไซม์จากตัวสัตว์เอง ดังนั้น การย่อยอาหารเยื่อใยจึงมีความจำเป็นต้องอาศัยเอ็นไซม์จากสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งได้แก่จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ใน Rumen นั่นเอง ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตรซัวและเชื้อรา

ขบวนการย่อยอาหารของโคนมเริ่มขึ้นตั้งแต่อาหารเข้าสู่ปาก ซึ่งเป็นการย่อยด้านกายภาพโดยการบดเคี้ยว ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง อาหารมักจะถูกกินเข้าไปอย่างรวดเร็ว และปราศจากการเคี้ยวอย่างละเอียดจะถูกผสมคลุกเคล้าเข้ากันกับน้ำลายภายในปาก เพื่อให้ลื่นพร้อมที่จะกลืนเข้าสู่ Rumen และเรติคูลั่มในรูปของก้อนอาหาร (Bolus) (ในน้ำลายของโคมี pH 8.1-8.3 ซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่าง และมีส่วนสำคัญในการทำงานของจุลินทรีย์ใน Rumen นอกจากนั้นยังประกอบไปด้วย อนินทรีย์สารและยูเรีย ที่มีความเข้มข้นสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแอมโมเนียใน Rumen และความเข้มข้นของยูเรียในเลือด) และกระบวนการย่อยอาหารที่เกิดขึ้นในส่วนนี้เรียกว่า กระบวนการหมัก โดย Rumen เป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุดทำหน้าที่เสมือนถังหมัก ภายในบรรจุอาหารที่คลุกเคล้ากับน้ำลายและมีขบวนการหมัก (Fermenation) โดยจุลินทรีย์ ทั้งนี้ Rumen ไม่สามารถผลิตน้ำย่อยได้เอง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอาหารหรือการย่อยอาหารเกิดขึ้นโดยเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์

2.4.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรตใน Rumen

พลังงาน 50-60% ของพลังงานทั้งหมดที่โคใช้ประโยชน์มาจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่กินเข้าไป เช่น หญ้าและถั่ว จะมีคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูป ของ Cellulose Hemicellulose และฟรุคโตเซน ส่วนในเมล็ดธัญพืชจะอยู่ในรูปแป้ง พืชหัวอยู่ในรูปซูโครส ซึ่งคาร์โบไฮเดรต (CHO) เป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นของจุลินทรีย์ (Microorganism) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่เป็น Host พลังงานจากคาร์โบไฮเดรต ถูกสัตว์นำมาใช้โดยอาศัยการผ่านกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ในRumen จะได้เป็น Short-chain organic acid ซึ่งมักเป็นพวกกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid: VFAs) และจัดเป็น Metabolic substance ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นด้วย เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตแทบทั้งหมดจะถูกหมักที่ Rumen ส่วนที่จะหลุดรอดไปได้จะเป็นพวกน้ำตาลซึ่งมีจำนวนน้อยมาก (วิศิษฐิพร, 2542)

ขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เกิดที่ Fore stomach และเกิดต่อเนื่องกันตลอดกระบวนการหมัก ทำให้ไม่มีการย่อยคาร์โบไฮเดรต หลงเหลือไปสู่ลำไส้เล็ก เป็นผลให้ได้รับกลูโคสไม่เพียงพอต่อความต้องการจากขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตจึงทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ น้ำตาลกลูโคสจากขบวนการ Gluconeogenesis ซึ่งมี Precursor ตัวสำคัญคือ Propionate โดย Propionate จะถูกเปลี่ยนเป็น Succinate แล้วเข้าสู่ Kreb cycle ได้เป็น Oxaloacetate ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นกลูโคส สำหรับ VFAs ตัวอื่นๆ เช่น Acetate และ Butyrate สามารถเข้าสู่ Kreb cycle แต่เป็น Long chain fatty acid คือจะเข้าสู่ Cycle ในรูปของ Acetyl coA แต่เนื่องจาก Acetyl coA ไม่สามารถเปลี่ยนเป็น Oxaloacetate หรือ กลูโคสได้ นอกจาก Propionate แล้วก็มีกรดอะมิโน ซึ่งได้จากการดูดซึมที่ลำไส้ที่เป็น Substrate ของการสร้างกลูโคสโดยขบวนการ Gluconeogenesis ซึ่ง Propionate เกือบทั้งหมดที่ถูกดูดซึมที่ Rumen จะถูกดึงไปสู่ตับผ่านทาง Portal vein จึงแสดงว่า Propionate ทั้งหมดถูกนำไปสร้างเป็นกลูโคสที่ตับ ส่วนการสร้าง Fatty acid ของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะเกิดที่ Adipose tissue เท่านั้นไม่สร้างที่ตับ และก็จะใช้ Acetate (ไม่ใช้กลูโคส) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีมากที่สุดในสัตว์เคี้ยวเอื้องมาเป็น Substrate กลูโคสจะถูกนำมาใช้เพียงกรณีเดียว คือสร้างกลีเซอรอลเพื่อใช้ในการสร้างไตรกลีเซอไรด์ ในสัตว์ที่กำลังให้นม Fatty acid ที่จะเป็น Fat ในน้ำนมถูกสร้างมาจาก Acetate หรือ Ketone bodies โดยไม่ใช้กลูโคส (ประภาพร, 2538)

อาหารคาร์โบไฮเดรตเมื่อเข้าสู่ Rumen จะถูกย่อยโดย Hydrolytic enzyme ของจุลินทรีย์ผลที่ได้คือ กลูโคส โมโนแซคคาไรด์ต่างๆ ตลอดจน Short-chain polysaccharide ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาสู่ของเหลวรอบๆเซลล์ของแบคทีเรียผลผลิตเหล่านี้จะถูก Metabolism ต่อไปโดย จุลินทรีย์ โดยสัตว์ที่เป็น Host ไม่สามารถนำไปใช้ได้กลูโคสและน้ำตาลต่างๆจะถูกดูดซึมเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเข้าสู่ Glycolytic pathway (Embden Meyerhof pathway) โดยกลูโคสจะเป็น Key product ของขบวนการเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตไปเป็น VFAs โมเลกุลของกลูโคส จะถูกเปลี่ยนเป็น 2 โมเลกุลของ Pyruvic acid (3 คาร์บอน) โดยจุลินทรีย์ในRumen และจาก Pyruvic acid จะสามารถเปลี่ยนเป็น

VFAs ใดๆ ก็ได้ Pyruvic acid จึงเป็น Key production ตัวที่ 2 ของ CHO Metabolism ในRumen VFAs คือ Acetic acid, Propionic acid และ Butyric acid จึงเป็นผลผลิตสุดท้ายของขบวนการย่อยคาร์โบไฮเดรตโดย Fermentative digestion โดยปกติ Acetic acid นอกจากเป็นผลผลิตหลัก ของคาร์โบไฮเดรต fermentation จึงมีความสำคัญมากใน Ruminant nutrition เพราะเป็น Major energy source โดยเฉพาะในสัตว์ที่ให้นม Acetate เป็นสารสำคัญในการสร้างไขมันในน้ำนม หากมีการรบกวนขบวนการสร้าง Acetate จะมีผลให้การสร้างไขมันในน้ำนมลดต่ำลงอย่างไรก็ตามทั้ง CO_2 และ Methane (CH_4) ที่ได้จากขบวนการสร้าง Acetic acid และ Butyric acid นั้นเป็นการสูญเสียพลังงานเพราะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ในขณะที่การสร้าง Propionic acid ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ดังนั้นขบวนการสร้าง Propionic acid จึงเป็นขบวนการสร้างพลังงานที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการสร้าง Acetic หรือ Butyric acid สัดส่วนของการสร้าง VFAs ชนิดต่างๆ สามารถดูจากความเข้มข้นของ VFAs เหล่านี้ใน Ruminal fluid โดยปกติจะเป็น Acetic:Propionic:Butyric = 70:20:10 เมื่อให้ High fiber diet และเป็น 60:30:10 เมื่อให้ High starch diet อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวเป็นสัดส่วนไม่ใช่ค่าปริมาณที่แท้จริง ดังนั้นในกรณีของการให้ High starch diet จะมีค่าปริมาณ Acetic acid สูงกว่า (แม้มีสัดส่วนของ Acetic acid ต่ำกว่า) VFAs จะถูกดูดซึมเข้าสู่ Portal blood โดยผ่านผนังRumen (ประมาณร้อยละ 76) บางส่วนดูดซึมที่ Abomasum และ Omasum (ร้อยละ 19) และมีจำนวนน้อยผ่านไปสู่ลำไส้เล็ก (ร้อยละ 5) (ประภาพร, 2538)

ขบวนการย่อยและเมทธาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต พอสรุปได้ดังนี้

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

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

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

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

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

2.4.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน

จุลินทรีย์ในRumen โดยเฉพาะแบคทีเรีย จะทำหน้าที่ผลิตเอนไซม์เข้าย่อยสลายโปรตีน กิจกรรมของจุลินทรีย์นั้นจะแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะของอาหาร ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ภายใน Rumen ระดับของแอมโมเนียใน Rumen ถ้าต่ำจะทำให้การย่อยสลายของโปรตีนสูงขึ้น ส่วน pH ที่เหมาะสมต่อการเข้าย่อยสลายโปรตีนจะอยู่ระหว่าง 6-7 แต่ pH ไม่ได้มีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยโปรตีนต่างกัน (Ørskov, 1986) โปรตีนจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เปปไทด์ และกรดอะมิโน ต่อจากนั้นจะมีการผลิตแอมโมเนียและกรดอินทรีย์โดยขบวนการ Deamination จุลินทรีย์จะจับแอมโมเนีย เปปไทด์สายสั้นๆ และกรดอะมิโนอิสระไปสร้างเป็นโปรตีนของตัวมันเอง (Microbial protein) ประมาณร้อยละ 80 ของโปรตีนของ จุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยแอมโมเนีย อีกร้อยละ 20 ใช้กรดอะมิโนโดยตรง ประมาณร้อยละ 60-65 ของไนโตรเจนในอาหารจะถูกย่อยใน Rumen ปริมาณของไนโตรเจนที่ถูกย่อยร้อยละ 29 จะถูกใช้ประโยชน์ในรูปของกรดอะมิโนและร้อยละ 71 จะถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะธรรมชาติของชนิดโปรตีนแต่ละชนิดการย่อยสลายโปรตีนใน Rumen จะเพิ่มการผลิตกรดไขมัน และการย่อยสลายกรดอะมิโนพวก Aspartic acid, Glutamic acid, Serine, Arginine, Cysteine และ Cystine จะทำให้ได้ผลผลิตคือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย VFAs ซึ่ง VFAs เหล่านี้อาจถูกดูดซึมผ่านผนังของ Rumen หรือถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนในรูปของ Carbon skeletons ระดับของโปรตีนในอาหารและความสามารถในการละลายได้ จะมีอิทธิพลต่อการผลิตแอมโมเนียมาก (Moorby et al,. 2000) แอมโมเนียที่ไม่ถูกนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ จะถูกดูดซึมผ่านผนัง Rumen หรือผ่านผนังของระบบทางอาหารส่วนล่าง โดยการขนถ่ายผ่านเส้นเลือด Portal vein ไปยังตับ ส่วนกรดอะมิโนนั้นจะถูกดูดซึมใน Rumen น้อยมาก โปรตีนที่ผ่านมายังกระเพาะจริงและลำไส้เล็ก จะมาจาก 3 แหล่ง คือ โปรตีนในอาหารที่ผ่านออกจาก Rumen (By- pass protein) โปรตีนของจุลินทรีย์และโปรตีนที่ได้จากระบบภายในของสัตว์ (เนื้อเยื่อที่หมดอายุหรือน้ำย่อยต่างๆ) โปรตีนเหล่านี้จะถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากกระเพาะจริง ตับอ่อนและลำไส้เล็กให้มีอนุภาคเล็กลงเป็นพวกกรดอะมิโนแล้วร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.4.3 สัดส่วนอาหารโปรตีน (ไนโตรเจน) และพลังงาน

การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนที่ย่อยได้จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับปริมาณพลังงาน ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ โดยจะต้องให้สัดส่วนของไนโตรเจนต่อพลังงานพอเหมาะ (8.38 gRDP/MJME; ARC 1980; 1984) จะทำให้จุลินทรีย์ใน Rumen มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด เซลล์ของจุลินทรีย์จะได้รับพลังงานจาก VFAs โดยการหมักกลูโคสและได้รับไนโตรเจนจากแอมโมเนีย สำหรับการสร้างโปรตีน การแบ่งตัวและเจริญเติบโตของเซลล์ ถ้าสัตว์ได้รับพลังงานและโปรตีนในระดับต่ำจะทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง และถ้าให้โคได้รับอาหารที่มีพลังงานในระดับสูงแต่มีโปรตีนในระดับต่ำก็จะทำให้การย่อยได้ของไนโตรเจนลดลง การ

สังเคราะห์โปรตีนและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ลดลง หรือได้รับโปรตีนมากกว่าพลังงานก็ทำให้อัตราการสร้างโปรตีนการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์ลดลงเหมือนกัน

ในอาหารที่มีระดับพลังงานคงที่และโปรตีนระดับต่างๆ ปริมาณไนโตรเจนที่กินได้จะมีผลกระทบต่อเมทธาบอลิซึมของพลังงาน กล่าวคือ เมื่อปริมาณไนโตรเจนในอาหารต่ำ ปริมาณอาหารที่กินได้จะถูกจำกัด เพราะกิจกรรมของจุลินทรีย์ในRumen ลดลง มีผลทำให้อัตราความเร็วในการย่อยสลายของอาหารใน Rumen ลดลง และถ้าสัตว์ได้รับปริมาณโปรตีนเกินกว่าระดับที่เหมาะสมแล้ว จะมีผลทำให้ความสมดุลของพลังงานลดลง ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์สุทธิของพลังงานจะลดลง การลดลงของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ง่ายในอาหารจะมีผลทำให้การย่อยสลายของวัตถุแห้ง Hemicellulose และแป้งใน Rumen ลดลง (Amos, 1986)

2.5 จุลินทรีย์ใน Rumen

จุลินทรีย์ใน Rumen นั้นมีอยู่มากและต่างสปีชีส์กัน ที่พบนั้นไม่ได้มีแหล่งกำเนิดเพียงใน Rumenเท่านั้นแต่อาจติดมากับอาหารหรือมากับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เนื่องจากสภาวะภายใน Rumen นั้นเป็นสภาวะไร้ออกซิเจนและมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง จึงทำให้กลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอาหารและมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ใน Rumen จะเป็นพวกแบคทีเรีย โปรโตซัว และรา

2.5.1 แบคทีเรีย (Anaerobic bacteria) เป็นจุลินทรีย์หลักสำคัญที่มีบทบาทมากที่สุดใน Rumen ที่สร้างผลผลิตที่มีผลทั้งบวกและลบแก่ตัวสัตว์และต่อระบบนิเวศน์วิทยาใน Rumen เองโดยกระจายอยู่ใน Rumen เช่น ลอยตัวอยู่กับของเหลวใน Rumen ประมาณ 30% เกาะอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปประมาณ 70% นอกจากนี้ยังเกาะติดอยู่กับผนัง Rumen แบคทีเรียเหล่านี้จะทำให้เกิดการหมักของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ใน Cell wall ของพืชซึ่งประกอบด้วย Cellulose และ Hemicellulose เป็นหลัก จุลินทรีย์มีอยู่ปริมาณมากใน Reticulo-rumen สามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น จำแนกตามส่วนต่างๆ ใน Rumen ที่แบคทีเรียยึดเกาะอยู่หรือจำแนกตามการใช้ประโยชน์อาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ แบคทีเรียที่สำคัญมีหลายกลุ่ม(Genus) คือ (วิศิษฐิพร, 2538)

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

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

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

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

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

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

2.5.2 รา (Fungi) เชื่อว่าราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เข้าไปย่อยโครงสร้างของเยื่อใย โดยไปลดความตึงของพันธะระหว่างเส้นเยื่อใยจึงทำให้การจับยึดแน่นของอนุภาคอาหารลดลง ส่งผลทำให้จุลินทรีย์อื่นๆเข้าไปยึดเกาะและทำการย่อยได้ดีและเร็วขึ้น ราที่พบใน Rumen มีวงจรชีวิตแบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะที่เคลื่อนไหวได้ และระยะหยุดการเคลื่อนไหว (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้รายังสามารถทำลายพันธะระหว่างสารประกอบ Hemicellulose และLignin และสารประกอบแพคตินและ Lignin แต่จะไม่ได้ย่อย Lignin โดยตรง ซึ่งจะช่วยให้เยื่อใยที่ครอบคลุมไว้โดย Lignin ได้มีโอกาสทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นเข้าไปย่อยสลายได้ดีขึ้น (เมธา, 2533) ราใน Rumen จะเป็นพวก Anaerobic fungi เช่น Anaerobic phycomycetous fungi เป็นต้น อาจมีปริมาณถึง 8% ของจุลินทรีย์ทั้งหมด

2.5.3 โปรโตซัว (Protozoa) โปรตัวซัวมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย ส่วนใหญ่เป็นพวกมีขนหุ้มตัว (Ciliate protozoa) แหล่งอาหารที่สำคัญของโปรโตซัว คือ โปรตีน น้ำตาลและแป้ง ซึ่งการกินอาหารของโปรโตซัวนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมันสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูป Amylopectin เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ และถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวนี้สามารถช่วยลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (Acidosis) ใน Rumen ได้บทบาทของโปรโตซัวใน Rumen นั้นมีการศึกษาน้อย แต่การที่โปรโตซัวกินแบคทีเรียเป็นอาหารจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยอาหาร โดยเฉพาะแบคทีเรียพวกที่ย่อยสลายเยื่อใยใน Rumen ลดลงและทำให้การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ลดลงด้วย จำนวนโปรโตซัวจะเพิ่มจำนวนหลังกินอาหารใหม่ๆ และจะเริ่มลดลงเรื่อยๆ ต่างจากแบคทีเรียที่จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ หลังกินอาหาร (Goad et al., 1998) โปรตัวซัวแบ่งเป็น 2 สกุล (Genus) คือ Holotrichs และ Entodiniomorphs

Holotrichs สามารถย่อยน้ำตาลโมเลกุลคู่ และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและยังมีการสร้าง Acetic acid, Butyric acid, Lactic acid, Propionic acids และได้ไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในเวลาเดียวกัน

Entodiniomorphs (Oligotrichs) บางชนิดสามารถย่อยCellulose ได้ Acetic acid, Butyric acid, Lactic acid และบางชนิดสามารถผลิตแก๊สแอมโมเนีย

2.5.4 หน้าที่สำคัญของจุลินทรีย์ใน Rumen คือ ย่อยสลายเยื่อใยจึงทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้ซึ่งจำนวนประชากรของจุลินทรีย์จะมีส่วนเกี่ยวข้องกับ Fermentation และ Digestion นอกจากนี้จุลินทรีย์ใน Rumen ยังทำหน้าที่ในการสร้างสารอาหารต่างๆ ให้แก่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้แก่ วิตามิน บี ซีและเค สร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ (Microbial protein) และ

กรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จาก Non-protein nitrogen เช่น ยูเรีย เป็นต้น ให้ไปเป็นโปรตีนของตัวจุลินทรีย์เอง

2.5.5 สภาพนิเวศน์วิทยาใน Rumen ที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์ ซึ่งสภาพนิเวศน์วิทยาใน Rumen มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ประชากรจุลินทรีย์ใน Rumen จะถูกควบคุมโดยความสมดุลของนิเวศน์วิทยาภายใน Rumen เอง จุลินทรีย์ใน Rumen ส่วนใหญ่เป็นพวก Obligate anaerobes คือ จะอยู่ได้ในสภาพที่มีออกซิเจนอยู่บ้าง อาจถูกนำมาใช้ประโยชน์ในขบวนการหมักโดยใช้เป็นตัวให้อิเลคตรอน แต่การมีระดับของออกซิเจนมากเกินไปอาจจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์พวกนี้ได้ ระดับของออกซิเจนที่มีจะทำให้ความสมดุลเปลี่ยนแปลงไป รวมทั้งการสังเคราะห์แก๊สมีเธนใน Rumen การดูดซึมกรดที่ผลิตได้ใน Rumen จะมีผลกระทบต่อความสมดุลใน Rumen

กระบวนการหมักใน Rumen ที่มีประสิทธิภาพ จุลินทรีย์ต้องอาศัยอยู่ใน Rumen ในสภาวะไร้ออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.0-7.0 อุณหภูมิ 39-40 $^{\circ}$C (เมธา, 2533) ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) (15-30 mg%) พบว่าแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใยสามารถใช้ประโยชน์จาก NH_3-N ในระดับสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนใน Rumen ทั้งนี้เพื่อเป็นการเพิ่มสัดส่วนของโปรตีน: พลังงาน (P/E) ให้สูงขึ้นซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต น้ำนมและมีส่วนช่วยลดระดับของความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้เป็นอย่างดี ดังนั้นชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ ผลผลิตจากกระบวนการหมักและอาหารสัตว์ที่กินเข้าไปจะเป็นตัวกำหนดสภาวะใน Rumen ในการสังเคราะห์เซลล์จุลินทรีย์ใน Rumen จะมีปัจจัยหลักๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

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

2) ความต้องการโภชนะเพื่อการดำรงชีพของจุลินทรีย์

3) การเปลี่ยนแปลงจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ในRumen

4) การเข้าทำลายแบคทีเรียของโปรโตซัว

2.5.6 ความสำคัญของระดับ pH ใน Rumen ต่อประชากรของจุลินทรีย์ ความเป็นกรด-ด่างใน Rumen มีความสำคัญต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ และการเกิดกรดชนิดต่างๆ จุลินทรีย์พวกที่ย่อยเยื่อใยเจริญและทำงานได้ดีที่ pH ประมาณ 6.2-6.8 และจะลดประสิทธิภาพลงเมื่อ pH ต่ำกว่า 6 เป็นผลให้การผลิตกรดอะซิติกลดลง ส่วนจุลินทรีย์ที่ย่อยแป้งจะชอบ pH ที่เป็นกรดมากกว่าคือประมาณ 5.2-6.0 ทำให้มีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ดีที่ pH ต่ำกว่า 6 ก็มีผลเสียต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.5 นอกจากนี้ยังยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้แลคติก ทำให้มีกรดแลคติกสะสมมาก และถ้า pH ยิ่งต่ำกว่านี้อีก เช่น 5.0 จุลินทรีย์ที่ย่อยแป้ง

จะทนอยู่ไม่ได้ การสร้างกรดโพรพิโอนิกจะลดลงและยังเป็นอันตรายต่อทั้ง จุลินทรีย์และตัวสัตว์ได้ โดยสัตว์จะเกิดโรค Acidosis (บุญล้อม, 2541ข)

2.6 ความต้องการพลังงานในโคนม

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

2.6.1 หน่วยของพลังงาน

ปัจจุบันระบบที่นิยมใช้ในการหาความต้องการโภชนะของสัตว์นั้นมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบของประเทศในเครือจักรภพอังกฤษ Agricultural Research Council (ARC) และระบบของสหรัฐอเมริกา National Research Council (NRC) หน่วยของทั้ง 2 ระบบที่ใช้ในการหาพลังงานนั้นแตกต่างกัน คือ ในระบบของ ARC นั้นจะใช้ Metabolisable energy (ME) และใช้หน่วยเป็น Joules, Kilojules (KJ) และ Megajule (MJ) ในขณะที่ระบบของ NRC นั้นจะใช้หน่วยวัดพลังงาน 2 วิธี คือ

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

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

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

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

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

2) Calorie System เป็นระบบที่ใช้วัดค่าพลังงาน โดยที่ 1 Cal คือพลังงานความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 ^{o}C (โดยปกติเพิ่มจาก 14.5 ^{o}C เป็น 15.5 ^{o}C) การวัดความร้อนนี้ทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Bomb Calorimeter เพื่อเผาผลาญอาหารที่ต้องการวัดค่าพลังงานในสภาพที่มีออกซิเจน

การเทียบค่าพลังงานระหว่างระบบทั้ง 2 ทำได้โดย

1 cal = 4.184 joules หรือ 1 joules = 0.233 cal

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

2.6.2 การจำแนกพลังงาน

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

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

2.6.2.1 พลังงานรวม (Gross energy, GE) คือพลังงานที่ได้เมื่อสารถูกเผาผลาญอย่างสมบูรณ์ได้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ พลังงานนี้จะถูกปล่อยออกมาในรูปของความร้อนในทางโภชนศาสตร์ถือว่าพลังงานเผาผลาญ คือพลังงานทั้งหมดที่มีในอาหารหรือสิ่งอื่นๆ เช่น มูล ปัสสาวะ หรือผลผลิต โดยยังมิได้คำนึงถึงการสูญเสีย ค่านี้ได้จากการนำอาหารหรือตัวอย่างเหล่านั้นมาเผาในเครื่องมือวัดพลังงานที่เรียกว่า บอมบ์ แคลอริมิเตอร์ (Bomb calorimeter) แล้ววัดความร้อนที่เกิดขึ้น และยังสามารถคำนวณได้จากสมการของ Wiseman (1987) ดังนี้

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

2.6.2.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE) เป็นพลังงานที่สัตว์สามารถย่อยได้หลังจากที่หักพลังงานที่สูญเสียออกจากมูล มีสมการดังนี้

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

2.6.2.3 พลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) เป็นพลังงานที่สัตว์ใช้ได้หลังจากการหักพลังงานสูญเสียทางมูล ปัสสาวะและแก๊ส ดังสมการ

ME = DE - UE- Gaseous energy

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

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

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

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

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

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

2.6.3 การประเมินค่าพลังงานแบบการนำเสนอของ Weiss และคณะ (1992)

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

2.6.3.1 พลังงานจากโปรตีน

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

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

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

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

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

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

2.6.3.2 พลังงานจากไขมัน

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

FA = EE-1.0

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

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

2.6.3.3 พลังงานจาก NDF

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

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

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP เท่ากับ NDIN*6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ประมาณการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับดำรงชีพ มีค่าเท่ากับ 0.75

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

2.6.3.4 พลังงานจาก NFC

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

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

2.6.3.5 สมการคำนวณค่า TDN

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

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

2.6.4 ความต้องการพลังงานในโคนม (Energy Requirement)

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

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

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

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

2.6.4.3 ความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม (Net Energy for Lactation) การสร้างน้ำนมต้องใช้พลังงานในการสร้างองค์ประกอบของน้ำนม และพลังงานอีกส่วนหนึ่งใช้ในการทำงาน จำนวนพลังงานที่ใช้ในการสะสมในน้ำนมขึ้นอยู่กับความเข้มข้นหรือจำนวนของแข็งในน้ำนม (Total solid) น้ำนมที่มีของแข็งในน้ำนมมากก็ต้องใช้พลังงานมาก ในการคำนวณพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนมนั้นสามารถที่จะคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไขมันตามสมการคือ

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

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

2.7 ความต้องการโปรตีนในโคนม

ในของร่างกายโคประกอบด้วยโปรตีนจึงทำให้มีความต้องการโปรตีนจำนวนมากรองจากพลังงาน โคที่โตมากแล้วสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโน โดยการทำงานของจุลินทรีย์ใน Rumen ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของโคจึงเป็นการช่วยลดภาระในการให้อาหารโคของผู้เลี้ยงได้มาก

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

2.7.2 ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต อาจแตกต่างกันไปตามวัยของโคว่าอยู่ในช่วงใดหรือมีการเพิ่มน้ำหนักมากน้อยเพียงใด

2.7.3 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ของโคมีความต้องการโปรตีนสำหรับสร้างตัวอ่อน สร้างรก และสร้างมดลูก

2.7.4 ความต้องการโปรตีนเพื่อการสร้างน้ำนม โดยปกติโคสามารถใช้โปรตีนในอาหาร เพื่อการเปลี่ยนเป็นโปรตีนในน้ำนมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงมาก คือประมาณร้อยละ 80 ฉะนั้นโปรตีนที่ต้องการในอาหารจะใช้ประมาณร้อยละ 40 ของโปรตีนในน้ำนมเท่านั้น

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

$AP_R = AP_M + AP_G + AP_L$ เมื่อ

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

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

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

MFP (Metabolic Fecal Protein) (g/day) = 2.75 × Dry Matter Intake

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

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

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

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

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

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

$$MCP = 0.9 \times RDP$$

$$MTP = 0.8 \times MCP$$

DMTP หรือ $AP_{RDP} = 0.8 \times MTP$

การคำนวณหาความต้องการ RDP ในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (1988) โดยที่

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

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

จากสมการ $AP_R = AP_{RDP} + AP_{UDP}$

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

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

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

$UDP = DUDP/0.8$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ UDP จากสมการ

$$CP_R = RDP + UDP$$

อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโคนมนั้นสามารถที่จะใช้ไนโตรเจนในตัวสัตว์เอง (Nitrogen recycling) 15% ดังนั้น

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

2.8 การประเมินค่าพลังงานในอาหารตามระบบ NRC (2001)

ระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยาก ต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน ประเทศต่าง ๆ จึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้การประเมินค่าทางพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี เช่น ในประเทศเยอรมันคำนวณค่า NE_L จาก GE และ ME ประเทศสหรัฐอเมริกาคำนวณจาก TDN อย่างไรก็ตามการจะได้มาซึ่งค่าต่าง ๆ ในการทำนายคุณค่าทางพลังงานก็มีหลากหลาย บาง

สมการใช้ได้เฉพาะอาหารบางชนิด เช่น อาหารข้น บางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารหยาบ จนกระทั่ง Weiss et al. (1992) ทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานกับอาหารหลายชนิดรวมทั้ง By-products และ Heat-damaged forages ได้ หลักการของสมการนี้ยึดหลักที่ว่าโภชนะชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนะดังกล่าวประกอบด้วย CP, Fat, NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย True digestibility (TD) ของโภชนะนั้น ๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE ได้โดยอาศัยสมการต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

2.8.1 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

2.8.1.1 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 ก็เพื่อไม่ให้ CP ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

Truly digestible NFC (tdNFC) มีค่าเท่ากับ

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

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

เมื่อ NFC = Non fiber carbolydrate

NDF = Neutral detergent fiber

NDIN = Neutral detergent insoluble nitrogen

PAF = Processing adjustment factor (เป็นค่าที่ใช้ในวัตถุดิบที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรือการอบด้วยไอน้ำ)

ตารางที่ 2.6 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

2.8.1.2 พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (TD) ของ Crude protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ ในพืชส่วนมากมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (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 แต่เนื่องจากความสัมพันธ์นี้ในอาหารข้นและอาหารหยาบมีไม่เท่ากันจึงต้องใช้สมการในการคำนวณต่างกัน

พลังงานจากโปรตีนในอาหารหยาบ :

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

พลังงานจากโปรตีนในอาหารข้น :

Truly digestible CP for concentrate (tdCPc) = [1-(0.4 x (ADICP/CP))] x CP (Weiss et al., 1992)

เมื่อ ADICP = Acid detergent insoluble N x 6.25

2.8.1.3 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 แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.0 % ของ DM ในอาหารเท่านั้น

FA = EE – 1.0 (Allen, 2000)

tdFA = FA แต่ถ้าในกรณี EE < 1, FA จะมีค่าเท่ากับ 0

2.8.1.4 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)$^{0.667}$] (Weiss et al., 1992)

ค่าทุกค่ามีหน่วยเป็น % ของ DM และ Lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF-Sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชเกือบทุกชนิด แต่ใน By-product หลายชนิด อาจมีส่วนของ 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 (NRC, 2001)

ค่าทุกค่ามีหน่วยเป็น % ของวัตถุแห้ง และ NDICP เท่ากับ NDIN x 6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ Maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

True digestible NDF (tdNDF) มีค่าเท่ากับ

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

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

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

เมื่อ CPdigest = Estimate true digestibility of CP (Table)

ตารางที่ 2.7 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 ถ้าเป็นอาหารสัตว์จำพวกไขมันจะคำนวณค่า TDN_{1X} จากการวัดค่า Fatty acid digestibility ดังแสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.8 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 :

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

สำหรับแหล่งไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol :

$$TDN_{1X} = (EE \times FAdigest) \times 2.25$$

2.8.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE)

2.8.2.1 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 carbogydrate, 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 ในทางกลับกันอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรทเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ใน TDN จะมีค่า GE value of TDN น้อยกว่า 4.409 Mcal/kg ดังนั้นการคำนวณค่า DE จาก 0.4409 x 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 x 0.044 = 0.3 Mcal/kg

ดังนั้นสามารถคำนวณ DE_{1X}

สำหรับอาหารทั่ว ๆ ไป

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

สำหรับอาหารโปรตีนจากสัตว์

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

สำหรับอาหารไขมันที่มีองค์ประกอบของ Glycerol

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

สำหรับอาหารไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol

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

tdNFC, tdNDF, tdCP และ FA มีหน่วยเป็น %

2.8.2.2 การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual intake

การย่อยได้อาหารของโคนมจะลดลงเมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้น (Tyrell and Moe, 1975) ซึ่งจะมีผลให้ค่าพลังงานของอาหารนั้นๆ ลดลงเมื่อการกินได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในโครีดนมที่ให้น้ำนมมาก ๆ อย่างเช่นในปัจจุบัน ซึ่งอาจกินอาหารได้มากถึง 4 เท่าของการกินได้ที่ระดับ Maintenance การลดลงของ Digestibility เมื่อ Intake เพิ่มขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับ Digestibility of diet at maintenance (Wagner and Loosli, 1967) เมื่อการกินได้อาหารเพิ่มขึ้น อาหารที่มีค่า Digestibility at maintenance สูง จะมีอัตราการลดลงของ Digestibility มากกว่าอาหารที่มีค่า Digestibility at maintenance ต่ำ NRC (1988) ใช้ค่าคงที่ 4% ในการปรับ Energy value at 1X to 3X maintenace ถ้าใช้วิธีการเดิมนี้ในการคำนวณอาหารที่ 75%TDN_{1X}, จะมีค่า discount 3%/unit multiple of 1X ในขณะที่มี 60%TDN_{1X} จะมีค่า Discount เท่ากับ 2.4% ถ้าอาหารมีค่า TDN_{1X} เท่ากับ หรือน้อยกว่า 60% ค่า Discount จะมีค่าค่อนข้างน้อย NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้ในการคำนวณ %Discount

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

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

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

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

2.8.3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (Metabolizable energy, ME)

การประมาณค่า ME at production level of intake (ME_p) นั้นคำนวณจากค่า DE_p การคำนวณค่า ME จาก DE ใน NRC (1989) ใช้สมการ ME (Mcal/kg) = (1.01 x 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

$$ME_p = [1.01 \times (DE_p) - 0.45] + [0.0046 \times (EE - 3)]$$

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

ME_p ของอาหารที่ไขมันมากกว่า 3% จะเพิ่มขึ้น 0.0046 ทุกๆ % unit increase in EE above 3% ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับ หรือน้อยกว่า 3% ให้ใช้สมการเดิมที่แนะนำใน NRC (1988)

สำหรับ Fat supplements, ME_p (Mcal/kg) = DE_p (Mcal/kg)

2.8.4 พลังงานสุทธิ (Net energy, NE_L)

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

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

NRC (1989) ใช้สมการ NE_L (Mcal/kg) = 0.0245 x (%TDN) – 0.12 ในการประมาณค่า NE_L สมการนี้ได้วิจารณ์อย่างมาก เพราะถ้าอาหารมี TDN 40% (DE = 1.76 Mcal/kg) จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE เป็น NE_{LIX} เท่ากับ 0.49 แต่ถ้าอาหารมี TDN 90% (DE = 3.97 Mcal/kg) ประสิทธิภาพจะเป็น 0.53 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การประมาณค่า NE_{Lp} จาก ME_p, NRC (2001) เลือกใช้สมการที่เสนอโดย Moe and Tyrell (1972) แทนสมการเดิมที่ได้แนะนำไว้ใน NRC (1988)

$$NE_{LP}\ (Mcal/kg) = [0.703 \times ME_P(Mcal/kg)] - 0.19 \quad \text{(Moe and Tyrell, 1972)}$$

สมการนี้ใช้ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ถ้าอาหารมีไขมันมากกว่า 3% จะต้องทำการปรับค่า Metabolic efficiency of fat โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพการเปลี่ยน 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% ฉะนั้นสมการที่ใช้คือ

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

เมื่อ ME_p มีหน่วยเป็น Mcal/kg และ EE เป็น % ofDM

และถ้าใช้ Fat supplement

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

2.8.4.2 NE for maintenance and gain (การประมาณค่า 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_{IX} ด้วย 0.82 แทนค่า ME ตามสมการข้างล่างก็จะได้ค่า NE_M และ NE_G

$$NE_M\ (Kcal/kgDM) = 1.37\ ME - 0.138\ ME^2 + 0.0105\ ME^3 - 1.12$$

$$NE_G\ (Kcal/kgDM) = 1.42\ ME - 0.174\ ME^2 + 0.0122\ ME^3 - 1.65$$

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

2.9 ความต้องการพลังงาน (Energy requirement) ของโคนม

ในสัตว์ทุกชนิดรวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความต้องการพลังงานระดับหนึ่ง เพื่อการดำรงชีพ (Requirement for maintenance) เพื่อการเจริญเติบโต (Requirement for growth) เพื่อสร้างผลผลิต (Requirement for production) และเพื่อการสืบพันธุ์ (Requirement for pregnancy) พลังงานที่เราจะกล่าวกันในบทนี้จะเน้นถึงพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolisable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ที่สัตว์ต้องการเพื่อการดังกล่าวข้างต้น

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

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

โดย NE_{LR} (Mcal/kg) = Net energy lactation requirement

NE_{LM} (Mcal/kg) = Net energy lactation requirement for maintenance

NE_{LG} (Mcal/kg) = Net energy lactation requirement for growth

NE_{LL} (Mcal/kg) = Net energy lactation requirement for lactation

2.9.1 Net energy lactation requirement for maintenance

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

2.9.2 Net energy lactation requirement for growth

NE_{LG} (Mcal/kg gain) = Reserve Energy x (0.64/0.75)

NE_{LG} (Mcal/kg loss) = Reserve Energy x 0.8

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

Proportion of empty body fat = 0.037683 x BCS(9)

Proportion of empty body protein = 0.200886 – [0.0066762 x BCS(9)]

BCS(9) = ((Dairy BCS – 1) x 2) + 1

2.9.3 Net energy lactation requirement for lactation

NE_{LL}(Mcal/kg Milk) = [0.0929 x Fat%] + [0.0547 x Crude Protein%] + [0.0395 x Lactose%]

= [0.0929 x Fat%] + [0.0547 x Crude Protein%] + 0.192

= 0.360 + [0.0969(Fat%)]

2.10 การคำนวณความต้องการโปรตีน (Protein requirement) ของโคนม

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการโปรตีนเพื่อเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกาย และเพื่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตในรูปของเนื้อและนม ความต้องการโปรตีนเพื่อการต่างๆ มีลักษณะคล้ายกับความต้องการพลังงาน คือ ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโต และความต้องการโปรตีนเพื่อการให้นม

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

$MP_R = MP_M + MP_G + MP_L$

โดย MP_R(g/d) = Metabolizable protein requirement

MP_M(g/d) = Metabolizable protein requirement for maintenance

MP_G(g/d) = Metabolizable protein requirement for growth

MP_L(g/d) = Metabolizable protein requirement for lactation

2.10.1 Metabolizable protein requirement for maintenance

MP_M (g/d) = $MP_U + MP_{sh} + MP_{MFP}$

MP_U = UPN/0.67

UPN = 2.75 x (Live Weight)$^{0.50}$

MP_{sh} = SPN/0.67

SPN = 0.2 x (Live Weight)$^{0.60}$

MP_{MFP} = MFP – (bacteria + bacterialdebris in cecum, large Intestine + keratinized cell + others)

MFP = 30 x Dry Matter Intake (kg)

MP_{MFP} = [(DMI(kg)x30)-0.50x((Bact MP/0.8)-Bact MP)] + Endo MP/0.67

MP Endo = 0.4 x 1.9 x DMI (kg) x 6.25

Bact MP = 0.64 MCP

MCP = 0.85 $gRDP_{req}$

RDP_{req} = $0.15294 \times TDN_{Actual}$

$TDN_{Act}Total$ = $DMI(kg) \times \%TDN_{1X} \times 1000$

2.10.2 Metabolizable protein requirement for growth

$MP_G(g/d)$ = $NP_g/EffMP_NP_g$

NP_g = $SWG \times (268-(29.4 \times (RE/SWG)))$

โดย RE (Mcal) = $0.0635 \times EQEBW^{0.75} \times EQEBG^{1.097}$

EQEBW = $0.891 \times EQSBW$

EQEBG = $0.956 \times SWG$

EQSBW = $SBW \times (478/MSBW)$

SBW = $0.96 \times BW$

MSBW = 500 kg(โคนมลูกผสม Holstein friesian ในประเทศไทย)

SWG = Shunk weight gain

= $13.91 \times (NEGrowthDiet)^{0.9116} \times EQSBW^{-0.6837}$

SBW = 0.96BW

$EffMP_NP_g$ = (83.4-(0.114xEQSBW))/100 เมื่อ EQSBW<or=478 kg

และ $EffMP_NP_g$ = 0.28908 เมื่อ EQSBW>478 kg

2.10.3 Metabolizable protein requirement for lactation

$MP_L(g/d)$ = $(Yprotein/0.67) \times 1000$

Yprotn (kg/d) = milk production (kg/d) x (milk true protein/100)

จาก MP_R = $MP_M + MP_G + MP_{La}$

MP_{req} = $MPBact + MPEnd + MP_{RUP}$

ดังนั้น MP_{RUP} = $MP_{req} - (MPBact + MPEndo)$

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

$0.8\ RUP_{req}$ = Total digest RUP

0.66 x total digest RUP = MP_{RUP}

ดังนั้น total digest RUP = $MP_{RUP}/0.66$ = $0.8\ RUP_{req}$

นั่นคือ CP_{req} = $RDP_{req} + RUP_{req}$

ซึ่งในอาหาร RDP_{sup} = $Total\ DMFed \times 1000 \times Diet\ CP \times CP_RDP$

CP_RDP = dg

RUP_{sup} = CPTotal - RDP_{sup}

CP Total = RDP_{sup} + RUP_{sup}

NRC (2001) ได้แสดงสมการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะ Rumen (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายใน Rumen (Rumen undegradable protein, RUP) ดังนี้

$$RDP = A + B[k_d/(k_d+k_p)]$$

$$RUP = B[k_p/(k_d+k_p)]+C$$

โดยที่ A = เปอร์เซ็นต์ของ Crude protein ที่ประกอบด้วย NPN และ True protein ที่หลุดออกจาก Nylon bag เนื่องจากมีความสามารถในการละลายได้สูง และย่อยได้ในกระเพาะจริง

B = โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายทันทีแต่ถ้าปล่อยให้อยู่ใน Rumen อีกจะสามารถย่อยสลายได้เพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลาย (k_d) และอัตราการไหลผ่าน (Passage rage, k_p)

C = เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายใน Rumen

k_d = อัตราการย่อยสลายของโปรตีนในส่วน B (%h)

k_p = อัตราการไหลผ่านออกจาก Rumen (%h)

นั่นคือ Crude protein ประกอบไปด้วย fraction A + B + C

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)

2.11 ผลผลิตของน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

2.11.1 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

การให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมหลังคลอด ในช่วงแรกโคจะให้ผลผลิตน้ำนมไม่สูง และจะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นจนถึงระดับที่สูงสุด (Peak of lactation) ซึ่งจะมีระยะเวลาประมาณ 3 – 6 สัปดาห์ แต่โคที่ให้นมมากจะมีระดับสูงสุดนานกว่านี้ จากนั้นปริมาณน้ำนมจะลดลงอย่างช้าๆ อัตราการลดลงของน้ำนมจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการให้นมทน (Persistency) ของโคแต่ละตัว (ชวนิศนดากร,

2534) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพันธุกรรม การเลี้ยงดูและการให้อาหารด้วย โดยปกติระยะเวลาการให้นมของโคประมาณ 305 วัน และมีระยะเวลาการพักการให้นม (Dry period) ประมาณ 60 วัน องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม จะเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการให้นม ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณน้ำนม คือ โคที่ให้น้ำนมลดลงแต่คุณภาพน้ำนมจะสูงขึ้น โดยที่เปอร์เซ็นต์ไขมันจะเปลี่ยนแปลงมาก เปอร์เซ็นต์โปรตีนจะเปลี่ยนแปลงตามไขมัน เปอร์เซ็นต์แล็กโทสในน้ำนมค่อนข้างคงที่ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมันสูงขึ้นกับปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม สามารถแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก ได้แก่

2.11.1.1 ปัจจัยทางสรีรวิทยา

เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำนม ซึ่งมีทั้งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรมและไม่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรม

2.11.1.1.1 ลักษณะทางพันธุกรรม โดยที่โคที่มีพันธุกรรมต่างกันจะมีผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมต่างกัน เช่น โคนมพันธุ์โฮสไตส์ฟรีเซี่ยน จะให้ปริมาณน้ำนมสูงกว่าโคนมพันธุ์เจอซี่ ประมาณ 40– 60 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมต่ำกว่า

2.11.1.1.2 อายุ โคสาวจะสามารถเริ่มให้น้ำนมได้เมื่ออายุประมาณ 2 – 3 ปี ซึ่งร่างกายยังไม่โตเต็มที่ ทั้งนี้รวมไปถึงอวัยวะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างน้ำนมด้วย ดังนั้นปริมาณน้ำนมที่โคสาวให้จะต่ำกว่าโคที่เจริญเติบโตมากกว่า เมื่อโคให้นมครั้งต่อไป ขนาดของโคใหญ่ขึ้น อวัยวะต่างๆ เจริญขึ้น โคจะให้นมมากขึ้นตามลำดับ จนกว่าจะโตเต็มที่เมื่ออายุประมาณ 6 ปี การให้นมของโคจะสูงสุดเมื่อมีอายุประมาณ 6 – 7 ปี จากนั้นปริมาณน้ำนมจะลดลงเรื่อยๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมัน และของแข็งพร่องไขมัน (SNF) ในน้ำนมลดลง

2.11.1.1.3 วงรอบของการเป็นสัด และการตั้งท้อง ในขณะที่โคแสดงการเป็นสัด จะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมน และปริมาณการกินได้ของโคลดลง หลังจากนั้นผลผลิตน้ำนมจะคืนสู่สภาพปกติ ในโคที่ท้องจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำนม โคที่ตั้งท้องในระยะแรกๆ ไม่ต้องการใช้อาหารในการตั้งท้องมาก แต่เมื่อการตั้งท้องอยู่ในระยะปลายใกล้คลอดจะมีเอมไซม์ ออกซีโทซิเนส (Oxytocinase) มากขึ้น และจะไปทำลายฮอร์โมนออกซีโทซิน โดยเป็นตัวกระตุ้นการปล่อยฮอร์โมนโปรแลคตินจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (วิศิษฐิพร, 2542) โดยเฉพาะก่อนคลอดประมาณ 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นผลให้โคลดปริมาณน้ำนม

2.11.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม

2.11.2.1 อุณหภูมิและความชื้นมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตน้ำนมมาก อากาศร้อนจะทำให้โคให้นมลดลงเพราะโคกินอาหารได้ลดลง อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงโคคือ 4.4– 23.9 ^{o}C ถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า 4.4 ^{o}C ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม แต่โคมีความต้องการอาหาร

เพิ่มขึ้น และถ้ามีอุณหภูมิต่ำกว่า –15 °C จะมีผลให้ปริมาณน้ำนมลดลง แต่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมจะสูงขึ้น และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 23.9 °C จะทำให้ปริมาณน้ำนมลดลงมาก แต่การลดลงของปริมาณน้ำนมมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมสูงขึ้น สวนกับการกินน้ำ อุณหภูมิของร่างกาย และอัตราการหายใจจะเพิ่มขึ้น

2.11.2.2 ฤดูกาล มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม โดยปกติโคจะกินอาหารได้มากเมื่อมีอากาศหนาวเย็น และจะให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น ฤดูฝนเป็นเวลาที่โคจะให้ผลผลิตนมมากกว่าฤดูกาลอื่นๆ เพราะโคจะได้รับอาหารที่อุดมสมบูรณ์ ซึ่งเป็นผลทางอ้อมในการให้นมและมีอากาศเย็น ส่วนในฤดูร้อนโคจะให้นมน้อยลง

2.11.2.3 ระยะพักการให้นม (Dry period) จะทำให้สภาพของโคเมื่อคลอดลูกสมบูรณ์ และทำให้ปริมาณน้ำนมที่โคผลิตได้สูงสุด โดยโคจะใช้อาหารที่สะสมไว้ในร่างกายมาสร้างเป็นองค์ประกอบของน้ำนม โคควรมีระยะพักการให้นมไม่เกิน 60 วัน ถ้าโคนมมีระยะพักนานเกินไป จะมีผลให้ผลผลิตน้ำนมทั้งหมดลดลง แต่ถ้ามีระยะพักการให้นมน้อยเกินไป ก็ทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลงเช่นกัน

2.12 การเกิดโรค Rumen acidosis

2.12.1 โรค Rumen acidosis

โรค Rumen acidosis เป็นโรคที่เกิดจากการที่โคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณมากเกินความต้องการหรือได้รับเยื่อใยในปริมาณที่น้อยเกินไป ซึ่งจะแสดงลักษณะอาการของโรค แบ่งเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ Acute acidosis และ Subacute acidosis โดย Acute acidosis จะแสดงอาการอย่างรุนแรงและเฉียบพลัน ซึ่งจะส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำ เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง และอาจจะทำให้โคนมตายได้ในทันที ในส่วนของ Subacute Rumen acidosis นั้นจะแสดงอาการแบบค่อยเป็นค่อยไป (Hutjens, 1996) นอกจากนั้นยังส่งผลทำให้เกิดโรคอื่น ๆ ตามมาอีกด้วย เช่น โรคท้องอืด (Bloat), โรคกีบเน่า (Laminitis) เป็นต้น การแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis สามารถแบ่งโดยใช้ระดับของค่า pH ภายใน Rumen เป็นเกณฑ์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.9

จากตารางที่ 2.9 จะเห็นได้ว่า การแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis สามารถแบ่งได้ตามระดับของค่า pH ที่วัดภายใน Rumen จากแหล่งข้อมูลจะเห็นได้ว่า ระดับของค่า pH ที่ต่ำกว่า 5.0 นั้นจะแสดงอาการ Acute acidosis และระดับของค่า pH ที่อยู่ระหว่าง 5.0 – 5.8 นั้นจะแสดงอาการ Subacute acidosis

ตารางที่ 2.9 แสดงให้เห็นถึงการแบ่งลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis โดยใช้ระดับของค่า pH เป็นเกณฑ์

ลักษณะอาการของโรค Rumen acidosis	ระดับค่า pH ของRumen	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	

2.12.2 ระดับของค่า pH ภายใน Rumen ที่ส่งผลต่ออัตราการผลิต Volatile fatty acid (VFA_S)

เมื่อระดับของค่า pH ภายใน Rumen ลดลงก็จะส่งผลต่ออัตราการผลิต Volatile fatty acid (VFA_S) ซึ่ง VFA_S เป็นผลผลิตจากการย่อยของจุลินทรีย์ภายใน Rumen เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานสำหรับโคนม เพื่อใช้ในการดำรงชีวิต (Maintenance) และการให้ผลผลิตน้ำนม (Milk production) (Hutjen,1996) ซึ่ง VFA_S จะประกอบไปด้วย Acetate , Propionate และ Butyrate ซึ่งจะเป็นผลผลิตที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานของร่างกาย เมื่อระดับของค่า pH ลดลง ก็จะส่งผลต่อปริมาณของ Acetate และ Propionate ดังแสดงในตารางที่ 2.10

จากตารางที่ 2.10 จะเห็นได้ว่า เมื่อระดับของค่า pH ภายใน Rumen ลดลงหรือก็คือโคนมเกิดโรค Rumen acidosis ก็จะส่งผลทำให้ปริมาณการผลิตของ Acetate และ Propionate แตกต่างออกไปจากระดับของค่า pH ภายใน Rumen ที่ปกติ ผลผลิตของ Acetate และ Propionate ในการทำงานโดยปกติจะต้องมีอัตราส่วนระหว่าง Acetate : Propionate ในอัตราส่วนที่มากกว่า 2.2:1 (Hutjen, 1996) จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของโคที่มีระดับของ pH ภายใน Rumen ต่ำกว่า 5.9 นั้น จะมีอัตราส่วนระหว่าง Acetate : Propionate ในอัตราส่วนที่ต่ำกว่า 2.2 : 1 ซึ่งถ้าหากปริมาณของ Acetate มาก ก็จะแสดงว่าโคนมได้รับอาหารประเภทเยื่อใยในปริมาณมาก และจะไม่แสดงอาการของโรค Rumen acidosis แต่ถ้าหากปริมาณของ Propionate มาก แสดงว่าโคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณมาก ดังนั้นกลุ่มของโคที่มีระดับของ pH ภายในกระเพาะ Rumen ต่ำกว่า 5.9 นั้น แสดงให้เห็นว่าโคนมได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินความต้องการ จึงแสดงอาการของโรค Rumen acidosis

ตารางที่ 2.10 แสดงให้เห็นถึงอัตราการผลิต VFA_S เมื่อระดับของค่า pH ภายใน Rumen ลดต่ำกว่า 5.9

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

a,b,c แตกต่างทางสถิติในระดับ $P<0.05$

2.12.3 ผลของการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีต่อคุณภาพผลผลิตน้ำนมของโค

โรค Rumen acidosis จะส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตน้ำนมของโค เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen acidosis ก็จะส่งต่อคุณภาพผลผลิตของน้ำนมประมาณ 40 – 150 วันหรือนานกว่านั้น (Hutjens, 1996) โดยจะส่งผลต่อปริมาณไขมันในน้ำนม และปริมาณโปรตีนในน้ำนม ซึ่งจะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ที่มีผลต่อส่วนประกอบในน้ำนมของโค

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

จากตารางที่ 2.11 จะเห็นได้ว่า เมื่อเกิดโรค Rumen acidosis นั้นจะส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิตน้ำนม โดยจะมีผลต่อปริมาณไขมันและโปรตีนในน้ำนม จากแหล่งข้อมูลจะเห็นได้ว่า ในกลุ่มของโคปกติและโคที่เป็นโรค Rumen acidosis จะมีส่วนประกอบของน้ำนมทั้งปริมาณของโปรตีนและไขมันในน้ำนม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพบว่า เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen acidosis นั้นจะทำให้ปริมาณของโปรตีนและไขมันในน้ำนมลดต่ำลงมาก ซึ่งจะทำให้ผลตอบแทนที่ได้จากการขายน้ำนมลดลง เนื่องจากราคาน้ำนมจะถูกกำหนดโดยปริมาณไขมันในน้ำนม

2.12.4 แนวทางการแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis

การแก้ไขการเกิดโรค Rumen acidosis สามารถทำได้โดยการปรับสภาพความสมดุลภายใน Rumen เมื่อ Rumen มีระดับของค่า pH ลดต่ำลง จนทำให้เกิดโรค Rumen acidosis นั้น ก็สามารถที่จะปรับสภาพความสมดุลภายใน Rumen ได้ โดยการเสริม Buffer เข้าไปภายในสูตรอาหาร เนื่องจากบัฟเฟอร์ที่อยู่ในน้ำลายจะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความสมดุลภายใน Rumen ซึ่งบัฟเฟอร์ที่จะนำมาใช้ผสมในสูตรอาหารนั้น ก็มักจะใช้ $NaHCO^{-}_{3}$ (Rice and Grant, 1996) การปรับสภาพความสมดุลภายใน Rumen โดยใช้ $NaHCO^{-}_{3}$ จะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงให้เห็นถึงการปรับค่าของ pH ภายใน Rumen ให้สมดุลโดยใช้ $NaHCO^{-}_{3}$ ผสมในสูตรอาหาร

ปริมาณของ $NaHCO^{-}_{3}$ (%)	ระดับของค่า pH		แหล่งข้อมูล
	ก่อนปรับ	หลังปรับ	
0.75	5.87a	6.23b	Zinn et al. (1991)
1.00	5.8±0.31a	6.2±0.89b	Thomas and Hall (1984)
	5.4±0.25a	5.9±0.12b	Stroud et al. (1985)
2.00	5.1±0.78a	5.9±0.34b	Ha et al. (1983)
	5.7±0.19a	5.9±0.66a	Hart and Doyle (1985)

a,b แตกต่างทางสถิติในระดับ $P<0.05$

จากตารางที่ 2.12 จะเห็นได้ว่า การใช้ $NaHCO^{-}_{3}$ ในปริมาณ 0.75 , 1.00 และ 2.00 % สามารถที่จะปรับสภาพความสมดุลของกรด-ด่าง ภายใน Rumen ให้อยู่ในสภาพที่ปกติได้ ด้วยเหตุนี้เมื่อโคนมเกิดโรค Rumen acidosis ก็สามารถที่จะเสริม $NaHCO^{-}_{3}$ เข้าไปในสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงโคนมเพื่อที่จะปรับสภาพภายใน Rumen ให้เป็นปกติ

2.13 การให้น้ำนมของโคนม

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

2.13.1 เต้านม

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

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

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

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

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

2.13.2 น้ำนม

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

2.13.2.1 น้ำตาลในน้ำนม เรียกว่าแล็กโทสซึ่งสร้างมาจากน้ำตาลกลูโคสที่อยู่ในกระแสเลือด กระบวนการสร้างน้ำตาลแล็กโทสเกิดขึ้นใน Lumen ของ Golgi apparatus หลังจากนั้นจะถูกส่งออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม โดยการที่ผนังของเซลล์จะเชื่อมกับ Membrane ของ Golgi apparatus แล้วน้ำตาลแล็กโทสจะหลุดออกจากเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไปยัง Lumen ของ Alveoli โดยกระบวนการ Osmotic pressure จากที่มีความเข้มข้นสูงในเซลล์ไปยังที่มีความเข้มข้นต่ำภายในกระเปาะนม

2.13.2.2 การสร้างโปรตีน โปรตีนที่ถูกสร้างโดยเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมนั้นประกอบด้วย Casein, α-Lactoalbumin, β-Lactoglobumin และโปรตีนชนิดอื่นๆเป็นพวกเอนไซม์และบางส่วนของโปรตีนน้ำนม เช่น พวก Immunoglobulin จะได้รับจากกระแสเลือดโดยตรง ในการสร้างโปรตีน เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมจะได้รับวัตถุดิบมาจากกรดอะมิโนที่อยู่ในกระแสเลือด กรดอะมิโนเหล่านี้พวกที่จำเป็นส่วนใหญ่ได้รับมาจากอาหาร และที่ไม่จำเป็นบางชนิดถูกสร้างขึ้นมาภายในเซลล์ การสร้างโปรตีนจะเกิดขึ้นที่ Ribosome ตัวที่ควบคุมการสร้างโปรตีนคือ DNA โปรตีนในน้ำนมที่สร้างขึ้นจะถูกเก็บรวมเป็นถุงเรียกว่า Micelles ซึ่ง Micelles จะเคลื่อนที่จากกลางเซลล์ ไปยังผิวเซลล์ Secretory และถุงนี้จะแตกออกปลดปล่อยให้โปรตีนนม ไหลเข้าไปในกระเปาะนมเก็บนม (Alveolus)

2.13.2.3 ไขมันในน้ำนม ไขมันในน้ำนมประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ 97-98% ของไขมันทั้งหมดในนมที่เหลือจะเป็นฟอสโฟลิปิด (2-3%) โดยไตรกลีเซอไรด์จะประกอบด้วยกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (Short-chain fatty acid, C_4-C_{10}) เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้ไขมันนมมีความหอมและมีบางส่วนเป็นกรดไขมันโมเลกุลใหญ่ (Longchain fatty acid, C_{18}-C_{30}) โดยกรดไขมันในน้ำนมส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) ในการสร้างไขมันในน้ำนมเซลล์กลั่นสร้างน้ำนมได้รับวัตถุดิบมาจากไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหารโดยตรง และไขมันที่อยู่ภายในร่างกายของสัตว์ โดยพวกกรดไขมันที่มีโมเลกุลเล็ก (C_4-C_{10}) จะถูกสร้างจาก Acetate และ β- Hydroxybutyrate ซึ่งได้มาจากการสลายตัวของสารพวกคาร์โบไฮเดรตใน Rumen และกรดไขมันที่ได้จากการสลายตัว

ของไขมันในอาหารและภายในร่างกายจะเป็นกรดไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่ (C_{18}-C_{30}) การสร้างกรดไขมันในน้ำนมจะสร้างขึ้นในส่วนของ Endoplasmic reticulum ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม

2.13.2.4 การสร้างไวตามิน แร่ธาตุและน้ำ เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมไม่สามารถสร้างไวตามินและแร่ธาตุเองได้ จึงได้มาจากอาหารโดยผ่านทางกระแสเลือดเพียงอย่างเดียว เข้าไปใน Alveoli โดยมีกระบวนการผ่านเซลล์ 2 วิธี คือ การเคลื่อนผ่านรอยต่อระหว่างเซลล์ และการเคลื่อนผ่านเซลล์โดยตรง แร่ธาตุที่พบมากในน้ำนมคือ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแตสเซียม คลอไรด์ โซเดียม และแมกนีเซียม โดยสารเหล่านี้จะพบในน้ำนมในปริมาณที่ค่อนข้างคงที่

2.13.3 ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมดิบ

2.13.3.1 ลักษณะทางพันธุกรรมของโคนมในแต่ละพันธุ์ จะมีลักษณะการให้ปริมาณน้ำนมแตกต่างกันชัดเจน โคโฮลสไตล์ฟรีเซี่ยนเป็นโคที่มีการให้น้ำนมปริมาณมากสุดกว่าโคทุกพันธุ์ แต่มีข้อด้อยที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวมต่ำ โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันนม (3.7%) โคนมพันธุ์เจอร์ซี่เป็นโคพันธุ์เล็กให้ปริมาณน้ำนมปานกลาง และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมสูง (4.9%) ซึ่งสูงกว่าโคทุกพันธุ์ (ฉลอง, 2546) สำหรับองค์ประกอบน้ำนมของโคนมที่เลี้ยงในประเทศไทยนั้น ประวีร์และคณะ (2546) พบว่า ค่าเฉลี่ยของไขมัน โปรตีน น้ำตาลแล็กโทส เนื้อนมไม่รวมไขมัน (SNF) และเนื้อนมรวม (TS) คือ 3.95, 3.19, 4.5, 8.76 และ 12.68% ตามลำดับ แต่การปรับปรุงพันธุ์โคนมให้ผลิตน้ำนมมากๆ นั้นเป็นไปได้ช้าเพราะค่า Heritability ของการให้นมมีค่า 0.3 ซึ่งเป็นค่าความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่ต่ำ

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

2.13.3.3 ความถี่ในการรีดน้ำนม โดยทั่วไปการทำฟาร์มโคนมจะรีดนมโควันละ 2 ครั้ง เป็นส่วนใหญ่ โดยจัดจังหวะทั้งสองครั้งให้ห่างเท่ากัน 12/12 ชั่วโมง มีการเปรียบเทียบผลการรีดนมวันละ 2 ครั้ง เทียบกับรีดนมวันละ 3 ครั้ง พบว่า การรีดนมวันละ 3 ครั้ง จะได้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นร้อยละ 15-20 และถ้ารีดนมวันละ 2 ครั้ง เทียบกับรีดนมวันละ 4 ครั้ง จะได้ผลผลิตนมเพียงร้อยละ

5-15 เชื่อว่าการรีดน้ำนมบ่อยครั้งจนเกินไป จะเป็นการรบกวนโคมาก ทำให้โคไม่มีเวลากินอาหารและพักผ่อนเพียงพอ เกิดความเครียดมาก อย่างไรก็ตาม การรีดนมวันละ 3 ครั้ง จะเหมาะกับฝูงโคนมที่มีพันธุกรรมดี ให้ผลผลิตมาก หรือเป็นโคนมที่อยู่ระหว่างการรีดนมระยะ 100 วันแรกหลังคลอด และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมยังผันแปรตามช่วงห่างของการรีดนมยิ่งมีช่วงนานเท่าใด นมที่รีดได้ในรอบถัดไปจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูง ทั้งนี้เพราะการสังเคราะห์ไขมันใช้เวลานานกว่าการสังเคราะห์องค์ประกอบอื่น เมื่อจัดให้โคมีช่วงเวลารีดนมที่เท่ากัน จะได้ผลผลิตสูงกว่าร้อยละ 4-7 เมื่อเทียบกับช่วงเวลารีดที่ไม่เท่ากัน และเมื่อเทียบในลำดับการรีดนม ปริมาณน้ำนมที่รีดได้ในครั้งแรกๆ จะมีไขมันนมต่ำและน้ำนมที่รีดได้ช่วงท้ายๆ จะมีความเข้มข้นของไขมันนมมาก ทั้งนี้เพราะไขมันจะคงสะสมอยู่ในชั้นของท่อนม และ Alveoli

2.13.3.4 สุขภาพโค โคนมที่มีความสมบูรณ์ของร่างกายต่ำเนื่องจากการให้อาหารไม่เพียงพอในช่วงก่อนคลอด จะมีผลให้ไขมันนมและเนื้อนมไม่รวมไขมันต่ำลง ปัญหาสุขภาพโคที่ป่วยด้วยโรคเรื้อรัง เช่นโรคเต้านมอักเสบ และโรคกีบเน่า เป็นต้น จะทำให้โคให้ผลผลิตต่ำ และองค์ประกอบน้ำนมก็ผิดปกติด้วย โดยเฉพาะโรคเต้านมอักเสบจะมีผลทำให้องค์ประกอบน้ำนมเปลี่ยนแปลง คือน้ำตาลแล็กโทสลดลงร้อยละ 5-20 โปรตีนนมลดลงเล็กน้อย เนื้อนมไม่รวมไขมันลดลง ร้อยละ 8 และไขมันลดลงร้อยละ 5-12 (สุณีรัตน์, 2543)

2.13.3.5 การเป็นสัด วงรอบการเป็นสัด และการตั้งท้องของโคจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนและปริมาณการกินอาหารของสัตว์ลดลง โคที่อยู่ในระหว่างการเป็นสัด จะมีความอยากอาหารน้อย และโคมีความกระวนกระวายมาก และไม่ค่อยสนใจกินอาหาร ดังนั้น ปริมาณน้ำนมที่ได้จากโคจะลดลงจนกว่าโคจะหมดสัด และกลับมากินอาหารได้ปกติใหม่ ปริมาณน้ำนมจึงจะเพิ่มเท่าเดิม ในแง่การจัดการจึงควรคัดแยกโคที่เป็นสัด ออกอยู่กลุ่มหนึ่งเพื่อลดปัญหาการรบกวนกันกับโคในฝูง โคที่ตั้งท้องจะมีผลทำให้ผลผลิตของน้ำนมลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงปลายของการตั้งท้อง (5 เดือน ขึ้นไป) ปริมาณน้ำนมลดลงได้ถึง 20% ที่อายุการตั้งท้อง 225 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากโภชนะบางส่วนถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของตัวอ่อนและขนาดลูกโคในท้องแม่โคจะมีผลต่อช่วงว่างในท้องหรือความจุของกระเพาะแม่โค หรือจำกัดปริมาณการกินอาหาร และยังมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนในกระแสเลือดในระยะนี้ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนยังคงอยู่ในระดับสูงและระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น มีผลทำให้การกลั่นสร้างน้ำนมลดลง

2.13.3.6 สิ่งแวดล้อม ปัจจัยสำคัญคือ ระดับของอุณหภูมิ โดยทั่วไปโคยุโรปจะผลิตน้ำนมลดลงเมื่ออุณหภูมิเกิน 26 °C ส่วนในโคเขตร้อนจะผลิตน้ำนมลดลง เมื่ออุณหภูมิของอากาศเกิน 32 °C และอากาศที่ร้อนแห้งจะมีผลกระทบน้อยกว่าสภาพอากาศที่ร้อนชื้น เพราะมีผลทำให้โคระบายความร้อนออกจากร่างกายได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำเย็น ที่สะอาดและพอเพียงจะช่วยบรรเทาปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ สภาพอากาศกระทบพฤติกรรมของโคได้ ในสภาพ

อากาศร้อนโคนมจะกินอาหารลดลง เบื่ออาหาร ไม่ยอมออกแทะเล็มหญ้าหรือใช้เวลาแทะเล็มหญ้าลดลง มีผลทำให้กระบวนการหมักอาหารใน Rumen เปลี่ยนแปลง อัตราสัดส่วนของAcetate ต่อ Prcpionate จะลดต่ำลง รวมถึงปริมาณของฮอร์โมนไธรอยด์ อินซูลิน และโกรทฮอร์โมน จะมีปริมาณลดลง เป็นผลให้การให้ผลผลิตน้ำนมลดลงด้วย ในเรื่องการจัดการที่นอนโคจะต้องแห้งสะอาด และดูดซับความชื้นได้ดี โรงเรือนมีหลังคาทรงสูง และมีการระบายอากาศได้ดี โดยปกติโคนมพันธุ์เบา (เจอร์ซี่) จะมีความคงทนต่อความร้อนได้มากกว่าโคพันธุ์หนัก (โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน) ทั้งนี้เนื่องจากโคพันธุ์เบาจะมีพื้นที่ต่อหน่วยของน้ำหนักตัว เพื่อใช้ในการระบายความร้อนมากกว่าโคพันธุ์หนัก

2.13.3.7 อายุโค โคสาวเริ่มให้น้ำนมครั้งแรก เมื่ออายุได้ 2 ปี หรือเรียกว่า Lactation ที่ 1 โคจะให้ปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปจนถึง Lactation ที่ 4-5 ปริมาณน้ำนมจึงคงที่ และหลังจากนั้น ปริมาณน้ำนมก็จะลดลง โคอายุ 2, 3, 4 และ 5 ปี จะให้ผลผลิตของน้ำนมประมาณร้อยละ 75 ร้อยละ 85 ร้อยละ 92 และร้อยละ98 ของโคที่โตเต็มที่แล้ว (วิโรจน์, 2546) โคที่ให้น้ำนมใน Lactation ที่ 1 และ 2 จะมีปริมาณของ Secretory cell น้อยกว่าโคโต และขณะเดียวกันก็ยังมีการเจริญเติบโตทางด้านร่างกายอีก ปริมาณน้ำนมจึงให้ได้ไม่เต็มที่ นอกเหนือจากนั้นในสภาพการเลี้ยงแบบรวมกลุ่ม โคที่อายุน้อยหรือมีขนาดร่างกายน้อยจะแย่งกินอาหารสู้โคโตไม่ได้ การให้น้ำนมจึงต้องลดลง ในส่วนขององค์ประกอบน้ำนม ความเข้มข้นของไขมันนม โปรตีนและน้ำตาลแล็กโทส จะลดลงเมื่อโคมีอายุการให้น้ำนมมากขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพของ Apical membrane ลดลง ขณะเดียวกันมีการเพิ่มขึ้นของ Permeability ของ Epithelium cell โดยปกติโคที่มีขนาดใหญ่จะให้น้ำนมสูงกว่าโคที่มีขนาดเล็ก แต่ผลผลิตน้ำนมไม่ได้สูงขึ้นเป็นสัดส่วนเดียวกันการเพิ่มน้ำหนักตัว

2.13.3.8 อาหาร โภชนะที่ใช้ในการสร้างน้ำนมมาจาก 2 แหล่ง คือ จากอาหารที่กินและอาหารสะสมในร่างกาย ทั้งสองแหล่งจะมีผลต่อปริมาณสารอาหารตั้งต้นที่ใช้ในการสังเคราะห์น้ำนม จากรูปแบบของการให้น้ำนมโคตลอดช่วงการรีดนมนั้น จะต้องมีการปรับความต้องการอาหารของโคให้สอดคล้องกับระยะของการให้ผลผลิต รวมถึงปรับปรุงแบบการจัดการจ่ายอาหาร ชนิดอาหาร ความถี่ในการจ่ายอาหาร เพื่อให้โคนมได้รับปริมาณสิ่งแห้งรวมอย่างเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เนื่องจากปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้มีผลมาจากระดับของโภชนะที่ได้รับ ถ้าได้รับโภชนะต่ำกว่าปกติจะมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมที่ผลิตได้และน้ำตาลแล็กโทสในน้ำนมลดลงอย่างชัดเจน แต่ถ้าได้รับโภชนะสูงกว่าปกติน้ำนมจะสูงขึ้นไม่มากนัก ความสำคัญของสูตรอาหาร มีอิทธิพลน้อยกว่าวิธีการจัดจ่ายอาหาร ถ้าจ่ายอาหารให้โคได้รับไม่เพียงพอ จะมีผลกระทบทันทีต่อผลผลิตน้ำนม การจำกัดปริมาณการกินอาหารก็มีผลกระทบต่อปริมาณน้ำนมเช่นเดียวกัน โครีดนมจะมีอัตราการกินปริมาณสิ่งแห้ง ร้อยละ 3-4 ของน้ำหนักตัวโค อาหารสะสมในร่างกายจะช่วยให้โคมีความทนทานต่อการให้ผลผลิต ช่วยให้อัตราการลดลงของน้ำนมต่ำกว่าร้อยละ 10 ต่อเดือน ในการให้ อาหารข้นแก่โคปริมาณสูง และให้อาหารหยาบในปริมาณต่ำ จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลง ถ้าโคได้รับอาหารหยาบน้อยกว่าร้อยละ 30 ของปริมาณอาหารที่ได้รับทั้งหมด จะมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงเหลือ

เพียงร้อยละ 2 ดังนั้นในการกินอาหารโคต้องได้รับอาหารหยาบไม่น้อยกว่า ร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักตัว จึงจะทำให้ปริมาณไขมันในน้ำนมไม่ลดลง

2.13.3.9 การรีดน้ำนม การรีดน้ำนมให้หมดเต้าหรือเหลือให้น้อยที่สุดเป็นสิ่งจำเป็น โดยใช้เวลาในการรีดนมภายใน 8 นาที และมีความสม่ำเสมอในการรีดนม ตลอดจนนมมีความนิ่มนวลในการรีดนม โคนมจึงจะหลั่งน้ำนมออกมาได้เต็มที่ โคจะใช้เวลาในการสร้างน้ำนมให้เต็มเต้านมนาน 35 ชั่วโมง แต่ถ้าหากผู้เลี้ยงรีดน้ำนมออกไม่หมดเต้า จะมีผลทำให้ความดันภายใน Alveoli เพิ่มขึ้น และค่าความเข้มข้นของออสโมติกสูง ทำให้เซลล์หยุดการสร้างน้ำนมชั่วคราวและมีการซึมกลับของสาร เช่นน้ำตาลแล็กโทสและโปแตสเซียม ซึ่งจะมีผลเสียทำให้แม่โคมีการสร้างน้ำนมในอัตราถดถอยปริมาณน้ำนมก็จะได้น้อยลง

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

2.13.3.11 ฤดูกาลมีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมจะเห็นได้จากโคที่คลอดในฤดูฝน หรือต้นฤดูหนาวจะให้ผลผลิตของน้ำนมสูงกว่าโคที่ให้ลูกในระยะอื่นๆ ของปี เนื่องจากโคที่คลอดลูกในระยะนี้จะได้รับอาหารอุดมสมบูรณ์และสภาพอากาศเย็นสบายเหมาะกับการให้นมในระดับสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะที่โคให้น้ำนมสูงสุดและเมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนโคจะเข้าสู่ระยะที่ให้น้ำนมน้อย เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเลี้ยงโคที่กำลังให้ผลผลิตสูง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วยการทดลองย่อย 6 การทดลอง คือ การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมระยะกลางของการให้น้ำนม (Mid lactation) เปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ การใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เพื่อนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง ร่วมกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ซึ่งรายละเอียดวิธีการดำเนินการวิจัยของแต่ละการทดลองจะแสดงไว้ในแต่ละการทดลอง อย่างไรก็ตามวิธีดำเนินการวิจัยโดยสังเขปประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ

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

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

3.1.3 แบ่งแปลงปลูกอ้อยออกเป็นแปลงย่อยจำนวน 75 แปลง ขนาดแปลง 5×5 เมตร

3.1.4 เตรียมท่อนพันธุ์อ้อยสำหรับปลูก โดยคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่นิยมปลูกมาจำนวน 5 พันธุ์ อายุประมาณ 6-8 เดือน มีการเจริญเติบโตดี ปราศโรคและแมลง

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

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

3.1.7 เก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงย่อย พร้อมกับวัดผลผลิตโดยการตัดต้นอ้อยชิดดินแล้วนำชั่งน้ำหนักทั้งต้นและใบ แล้วหาน้ำหนักใบต่อต้น ที่อายุการตัดระยะต่างๆกัน คือ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน ตามลำดับ

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

3.2 การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

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

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

กลุ่ม1 โครีดนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

กลุ่ม2 โครีดนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

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

3.2.4 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมสัปดาห์ละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) เพื่อวัดการกินได้และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะ (DM, Ash, CP, CF, NDF, ADF, ADL, EE, ADIN และ NDIN)

3.2.5 ชั่งน้ำหนักตัวโคหลังสิ้นสุดการทดลอง

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

กลุ่ม1 ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

กลุ่ม2 ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

3.3 ศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

3.3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน หญ้าหมัก และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3.3.2 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างที่ทำการสุ่มออกมา

3.3.3 ศึกษาการย่อยสลายได้ใน Rumen

3.4 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

3.4.1 ทำการหมักต้นอ้อยอายุ 6 เดือน และเก็บรักษาในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

3.4.2 เมื่อทำการหมักครบตามระยะเวลา คือ 1, 2, 3 และ 4 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ในแต่ละระยะเวลามาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณ Volatile fatty acids (VFA_S)

3.5 การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Hiesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก

3.5.1 นำต้นอ้อยอายุ 6 เดือนมาทำการหมักภายในหลุมหมักขนาดใหญ่ให้มีปริมาณเพียงพอเพื่อใช้สำหรับเลี้ยงโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง

3.5.2 บันทึกผลผลิตน้ำนม การกินได้ สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนม เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทำการศึกษาการย่อยสลายได้ใน Rumen (Rumen degradable) โดยใช้ถุงไนล่อน (Ørskov et al., 1980)

3.6 การศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนม (การเกิดโรค Rumen acidosis) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก

3.6.1 เก็บตัวอย่างของเหลว (Rumen fluid) ใน Rumen จากโคเจาะกระเพาะ โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่าง โดยจะเก็บที่ชั่วโมง ที่ 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 หลังการกินอาหารมื้อเช้า

3.6.2 นำตัวอย่างของเหลวที่เก็บไว้ในแต่ละh ไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Rumen pH) และนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acids)

บทที่ 4
การศึกษาผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆ

4.1 คำนำ

ปัญหาหนึ่งที่มีผลกระทบต่อการเลี้ยงโคนมในประเทศไทย คือการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นอาหารหลักสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากพื้นที่การเกษตรมีปริมาณจำกัด ราคาสูงหรือเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรม จึงทำให้การใช้ประโยชน์จากต้นอ้อยเลี้ยงโคนับวันจะมีความสำคัญยิ่งขึ้นที่จะช่วยบรรเทาการขาดแคลนอาหารหยาบ อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งในการใช้เป็นวัตถุดิบส่งโรงงานผลิตน้ำตาล ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ซึ่งมีจำนวนประมาณ 60 ล้านตัน/ปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2546) อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถขึ้นเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศแห้งแล้ง และสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิดที่มีหน้าดินลึกอย่างน้อย 20 นิ้ว เมื่อมีการปลูกอ้อยไปแล้วสามารถไว้ตอได้หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยตอจะขึ้นมาใหม่ ทำให้ไม่ต้องเสียค่าพันธุ์อ้อยมาปลูกใหม่ ค่าเตรียมดิน และค่าปลูก จากข้อมูลเหล่านี้เป็นไปได้ที่จะใช้ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคเพื่อช่วยลดการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง แต่เนื่องจากอ้อยมีคุณค่าทางอาหารค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะโปรตีนและการย่อยได้ ดังนั้นการนำต้นอ้อยมาเลี้ยงโคจะต้องมีการวางแผนจัดการที่ดี เริ่มตั้งแต่การเตรียมดิน อ้อยต้นพันธุ์ การปลูก การใส่ปุ๋ย การดูแลและป้องกันโรคทั้งนี้เพื่อให้อ้อยมีคุณภาพที่ดีมีระดับของโภชนะที่เหมาะสม โดยเฉพาะมีปริมาณน้ำตาลและปริมาณของเยื่อใยของอ้อยที่เหมาะสม ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ผลผลิตและการย่อยได้ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ของอ้อยบางพันธุ์ เพื่อให้มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโค

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบผลผลิต คุณค่าทางโภชนะและการย่อยได้ของอ้อยบางพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆที่มีความเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม

4.3 อุปกรณ์และวิธีการ

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

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

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

4.3.2 เตรียมพื้นที่ปลูกอ้อยโดยการไถดะด้วยไถ 4 จาน จำนวน 1 ครั้ง ไถแปรจำนวน 2 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 สัปดาห์ ด้วยไถ 7 จาน และพรวน 18 จาน เสร็จแล้วตามด้วยการยกร่องเป็นแถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.10 - 1.30 เมตร มี 5 แถวต่อ 1 แปลงย่อย โดยแปลงย่อยมีขนาด 5 × 5 เมตร จำนวน 75 แปลง

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

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

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

4.3.6 นำอ้อยที่สุ่มมาจำนวน 10 ต้นในแต่ละแปลงย่อย แยกต้นและใบออกแล้ว หั่นเป็นชิ้นเล็กๆยาวประมาณ 0.5-1 นิ้ว เพื่อนำไปวิเคราะห์หาน้ำหนักแห้ง (Dry matter: DM) ของต้นและใบอ้อย โดยอบในตู้ Hot air oven ที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C เป็นเวลา 72-96 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm

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

4.3.8 ศึกษาการย่อยสลายใน Rumen โดยวิธีใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag technique) แช่ใน Rumen ของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov, et al., 1980) โดยนำถุงไนล่อนที่มีขนาดรูพรุนประมาณ 47 μm ที่ใช้ในการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 ^{o}C จนกระทั่งแห้ง เพื่อไล่ความชื้น ชั่งน้ำหนักถุงไนล่อนแล้วนำต้นและใบอ้อยที่บดแล้วมาใส่ถุงประมาณ 3-5 กรัมต่อถุง บันทึกน้ำหนัก มัดปากถุง หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วมาร้อยติดกับสายพลาสติกที่ร้อยเชือกไว้แล้วยาวประมาณ 90 cm นำไปหย่อนใน Rumen โดยให้ถุง ไนล่อนมีการเคลื่อนไหวอย่างอิสระภายในRumen เพื่อที่จะให้ของเหลวใน Rumen จากส่วนต่างๆไหลเข้าออกถุงไนล่อนได้ และให้แต่ละถุงมีระยะเวลาแช่อยู่ใน

Rumen 48 และ 72 h โดยแต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ ใช้โคเจาะกระเพาะ 3 ตัวโดยให้ถุงที่หย่อนในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ

โคเจาะกระเพาะเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian) สายเลือด 87.5 เปอร์เซ็นต์ อายุ 56 ± 12 เดือน มีน้ำหนัก 465 ± 70 กิโลกรัม จำนวน 3 ตัว เลี้ยงแบบในคอกขังเดี่ยว (Individual stall) ให้อาหารสำหรับการดำรงชีพโดยให้อาหารข้น (โปรตีนหยาบ 16%) ประมาณ 2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และใช้ต้นอ้อยสดหั่นเป็นชิ้นประมาณ 2 - 3 นิ้ว เป็นอาหารหยาบ มีน้ำให้กินตลอดเวลา เมื่อแช่ถุงไนล่อนใน Rumen ของโคได้ครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงไนล่อนออกจาก Rumen แล้วนำมาล้างทำความสะอาดถุง เพื่อให้ของเหลวใน Rumen ที่ติดกับถุงและอาหารในถุงไนล่อนออกจากอาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลายโดยใช้น้ำปะปาฉีดล้างทำความสะอาด แล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดกิจกรรมอันเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบทั้งหมดแล้ว นำถุงไนล่อนมาล้างในเครื่องซักผ้าเป็นเวลา 15 นาที โดยเปิดเครื่องซักผ้าที่มีจังหวะการซักที่เบาที่สุด ในขณะที่เครื่องซักผ้าทำงานให้ปล่อยน้ำเข้าเครื่องและให้ล้นออกทางท่อล้นตลอดเวลาของการล้าง ปั่นแห้งในถังปั่นประมาณ 3 - 5 นาที หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}$C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาวัตถุแห้งจากนั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆ ของวัตถุแห้ง มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายได้ของต้นและใบอ้อย

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 5 × 5 Factorial arrangement in RCB และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยใช้ Duncan's New Multiple Range Test

4.5 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของอ้อย (กก./ไร่) 5 พันธุ์ คือพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน โดยแยกเป็นส่วนต้นอ้อย ใบอ้อย และรวมต้นกับใบอ้อย พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อย ใบอ้อยและรวมต้นกับใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ผลผลิตน้ำหนักแห้งของใบอ้อยที่อายุ 7 เดือน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (2,108 กก./ไร่) แต่ไม่แตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นอ้อยที่อายุ 9 เดือน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (1,542 กก./ไร่) รองลงไป คือ อ้อยที่ตัดอายุ 8 เดือน และ ในผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต้นกับใบอ้อย ที่อายุการตัด 9 เดือน มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด (3,248 กก./ไร่) เช่นเดียวกัน แต่ไม่แตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 8, 7 และ 6 เดือน จะเห็นว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นและรวมต้นกับใบอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้น ใบและรวมต้นกับใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด

(333, 784 และ 1,117 กก./ไร่ ตามลำดับ) ผลผลิตน้ำหนักแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน อ้อยพันธุ์มากอสมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุดทั้งใบและรวมต้นกับใบอ้อย (2,815 และ 4,155 กก./ไร่ ตามลำดับ) ส่วนผลผลิต น้ำหนักแห้งของต้นอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1,424 กก./ไร่) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยพันธุ์มากอส แต่อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีผลผลิตน้ำหนักแห้งทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (555, 673 และ 1,228 กก./ไร่ ตามลำดับ) นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นและใบอ้อยมีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดกับพันธุ์อ้อย แต่รวมต้นกับใบอ้อยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดกับพันธุ์อ้อย

ปริมาณโปรตีนหยาบ (Crude protein) ของอ้อยแยกเป็นส่วนต้นอ้อย ใบอ้อย และรวมต้นกับใบอ้อยแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณโปรตีนของต้นอ้อยที่อายุการตัด 8 เดือน เฉลี่ยสูงสุด (33 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6, 7 และ 9 เดือน ส่วนอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน ทั้งใบ และรวมต้นกับใบอ้อยมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (138 และ 164 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (128 และ 161 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือนมีปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยเฉลี่ยต่ำสุด (16, 56และ72 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) จะเห็นว่าปริมาณโปรตีนเหมือนกับผลผลิตน้ำหนักแห้ง ส่วนปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบของอ้อยทุกพันธุ์ดังกล่าวข้างต้นก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกัน ปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบอ้อยพันธุ์มากอสมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (34, 173 และ 208 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่ ตามลำดับ) รองลงไป คืออ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 และอ้อยพันธุ์ K 84-200 มีปริมาณโปรตีนทั้งต้น ใบ และรวมต้นกับใบเฉลี่ยต่ำสุด (13, 38 และ 51 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ปริมาณโปรตีนทั้งต้นอ้อย ใบอ้อย และ รวมต้นกับใบของอ้อยแต่ละพันธุ์ไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและพันธุ์อ้อย ($P>0.05$)

จากตารางที่ 4.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) ไขมัน และ เถ้าของอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P

เปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำสุด (3.60%) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NDF ของอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (28.48% และ 64.85% ตามลำดับ) แต่เปอร์เซ็นต์ NDF ของอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือนนี้ไม่ความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 5 และ 7 เดือน อ้อยที่ตัดอายุ 8 เดือน มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NDF มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (26.25% และ 61.19% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF ของอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือนมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (36.34%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน (35.40%) และอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือนมีเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด (34.97%) ในเปอร์เซ็นต์เถ้าของอ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (6.03%) และอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือนมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยที่ตัดอายุ 6, 8 และ 9 เดือน เปอร์เซ็นต์ไขมันของอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (1.70%) และอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเฉลี่ยต่ำสุด (1.30%)

องค์ประกอบทางเคมีของอ้อย 5 พันธุ์ แสดงในตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน และ ADF ของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์ K 84-200 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเฉลี่ยสูงสุด (26.92%) ส่วนพันธุ์อู่ทอง 1 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเฉลี่ยต่ำสุด (23.14%) ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 สูงสุด (5.07%) รองลงไป คือ พันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 และพันธุ์ K 84-200 (4.85%, 4.83%, 4.67% และ 4.36% ตามลำดับ) อ้อยพันธุ์ K 84-200 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ADF สูงสุด (36.52%) ตรงข้ามกับพันธุ์มากอสมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด (34.60%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากพันธุ์อู่ทอง 3 และพันธุ์สุพรรณบุรี 50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย เยื่อใย NDF ไขมัน และเถ้าของอ้อยทุกพันธุ์ดังกล่าวข้างต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน และเถ้า ของอ้อยมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กัน ($P<0.01$) ระหว่างอายุการตัดและพันธุ์อ้อย ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF, NDF และไขมันไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุการตัดและพันธุ์อ้อย ($P>0.05$)

การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยโดยแยกเป็นส่วนต้นอ้อยและใบอ้อยที่อายุการตัดระยะต่างๆ (5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน) และอ้อยพันธุ์ต่างๆ (พันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200) ที่ระยะเวลา 48 และ 72 h แสดงไว้ดังตารางที่ 3 พบว่า การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่ 48 และ 72 h ตามอายุการตัดระยะต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 และ 72 h เฉลี่ยสูงสุด (77.98% และ 81.78% ตามลำดับ) และอ้อยที่อายุการตัด 9 เดือน มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 และ 72 h เฉลี่ยต่ำสุด (66.97% และ 67.73% ตามลำดับ) เช่นเดียวกันการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยที่ 48 และ 72 h ตามอายุการตัดระยะต่างๆ ก็มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P< 0.01$) อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน มีการย่อยสลายวัตถุแห้งที่ 48 และ 72 h เฉลี่ยสูงสุด (50.36% และ 60.91% ตามลำดับ) รองลงไป คือ อ้อยที่ตัดอายุ 6, 7, 8 และ 9 เดือน ต่ำที่สุด พันธุ์อ้อยทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นมีการย่อยสลายวัตถุแห้ง

ของต้นอ้อยและใบอ้อยที่ 48 และ 72 h แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยที่เวลา 48 และ 72 h เฉลี่ยสูงสุด (74.65% และ 75.48% ตามลำดับ) รองลงไป คือ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 และพันธุ์ K 84-20 ต่ำที่สุด ตรงกันข้ามกับใบอ้อยพันธุ์ K 84-200 มีการย่อยสลาย วัตถุแห้ง ที่ 48 h สูงสุด (47.46%) แต่ไม่มีความแตกต่างจากอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์ทอง 3 และพันธุ์อู่ทอง 1 ส่วนพันธุ์สุพรรณบุรี 50 มีการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบที่ 48 h เฉลี่ยต่ำสุด (44.39%) สำหรับการย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่ระยะเวลา 72 h อ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (56.17%) รองลงไป คือพันธุ์มากอส (55.88%) และพันธุ์อู่ทอง 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (52.46%) การย่อยสลายวัตถุแห้งของใบอ้อยไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธุ์ระหว่างพันธ์อ้อยและอายุการตัด ($P>0.05$) แต่การย่อยสลายวัตถุแห้งของต้นอ้อยมีปฏิกิริยาสัมพันธุ์ระหว่างพันธุ์อ้อยและอายุการตัดอ้อยที่เวลา 48 h ($P<0.05$) และที่เวลา 72 h ($P<0.01$)

ตารางที่ 4.1 แสดงผลผลิตและปริมาณโปรตีนของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	ผลผลิต (กก.น้ำหนักแห้ง /ไร่)			ปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง /ไร่)		
		ต้น	ใบ	รวม	ต้น	ใบ	รวม
5	มากอส	787	1,361	2,148	28.65	93.67	122.32
	อู่ทอง 3	169	532	701	10.71	40.38	51.09
	สุพรรณบุรี 50	311	1,040	1,351	18.64	69.98	88.62
	อู่ทอง 1	306	728	1,034	15.95	57.44	73.39
	K 84-200	91	261	352	5.45	18.23	23.68
6	มากอส	1,229	3,269	4,498	41.21	194.90	236.11
	อู่ทอง 3	1,228	1,853	3,081	41.00	122.37	163.37
	สุพรรณบุรี 50	1,348	2,503	3,851	44.27	171.43	215.70
	อู่ทอง 1	909	1,452	2,361	26.03	102.59	128.62
	K 84-200	500	686	1,186	12.47	45.99	58.46
7	มากอส	1,267	3,121	4,388	33.81	207.42	241.23
	อู่ทอง 3	909	2,057	2,966	25.39	143.38	168.77
	สุพรรณบุรี 50	1,020	2,405	3,425	28.13	162.58	190.71
	อู่ทอง 1	1,017	1,993	3,010	26.98	121.85	148.83
	K 84-200	721	968	1,689	15.96	52.83	68.79
8	มากอส	1,104	3,584	4,688	26.17	210.25	236.42
	อู่ทอง 3	1,363	1,182	2,545	31.75	80.76	112.51
	สุพรรณบุรี 50	2,416	1,616	4,032	39.77	92.18	131.95
	อู่ทอง 1	1,921	1,287	3,208	51.94	79.49	131.43
	K 84-200	770	720	1,490	16.67	38.47	55.14
9	มากอส	2,311	2,742	5,053	42.11	160.20	202.31
	อู่ทอง 3	1,271	1,469	2,740	25.05	89.23	114.28
	สุพรรณบุรี 50	2,024	1,993	4,017	29.57	121.96	151.53
	อู่ทอง 1	1,412	1,594	3,006	23.55	102.88	126.43
	K 84-200	694	732	1,426	12.34	35.10	47.44
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.0001	0.0001
	อายุ*พันธุ์	0.0096	0.0241	0.6119	0.0510	0.0566	0.3053
SEM		44.70	45.47	77.86	1.12	3.02	3.60
CV (%)		35.71	23.92	24.70	35.93	24.96	23.70

ตารางที่ 4.2 แสดงโภชนะของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย	ADF	NDF	ไขมัน	เถ้า
5	มากอส	21.55	5.34	27.18	33.84	63.76	1.04	4.40
	อู่ทอง 3	19.35	7.08	26.99	34.00	65.06	1.44	6.91
	สุพรรณบุรี 50	19.63	6.48	26.91	34.18	63.71	1.19	5.82
	อู่ทอง 1	18.69	6.78	26.73	35.14	63.57	1.62	6.22
	K 84-200	20.62	6.61	27.99	37.67	64.57	1.43	6.78
6	มากอส	28.02	5.04	28.59	34.97	65.98	1.17	4.47
	อู่ทอง 3	23.03	4.96	28.30	35.11	65.63	1.34	4.20
	สุพรรณบุรี 50	24.02	5.20	28.25	35.10	64.81	1.16	4.16
	อู่ทอง 1	22.91	5.03	28.24	35.42	63.99	1.51	4.71
	K 84-200	22.95	4.68	29.01	36.40	64.29	1.33	4.31
7	มากอส	27.00	5.30	27.55	35.01	62.44	1.66	4.40
	อู่ทอง 3	24.56	5.31	28.60	36.94	67.23	2.00	4.35
	สุพรรณบุรี 50	25.65	5.20	27.59	36.42	65.96	1.69	4.67
	อู่ทอง 1	25.11	4.62	27.59	36.53	64.58	1.48	4.70
	K 84-200	27.73	3.89	27.60	36.92	60.42	1.67	4.38
8	มากอส	30.82	4.86	27.63	36.92	67.74	1.96	4.82
	อู่ทอง 3	26.20	4.00	26.82	34.37	60.47	1.92	3.59
	สุพรรณบุรี 50	25.34	3.02	26.12	33.20	58.09	1.36	3.90
	อู่ทอง 1	23.15	3.93	26.09	35.49	58.81	1.60	3.93
	K 84-200	29.42	3.61	26.75	35.56	60.87	1.54	3.90
9	มากอส	27.20	3.68	26.77	34.01	60.26	1.49	4.07
	อู่ทอง 3	27.92	3.95	26.85	36.43	61.90	1.64	4.01
	สุพรรณบุรี 50	26.04	3.43	27.33	36.66	60.62	1.91	4.38
	อู่ทอง 1	25.85	3.78	27.73	37.38	62.59	1.46	4.11
	K 84-200	28.29	3.16	27.40	36.33	62.27	1.35	4.43
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0258	0.0005	0.0012	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.0001	0.3241	0.0067	0.2396	0.3185	0.6640
	อายุ*พันธุ์	0.0001	0.0001	0.1643	0.1063	0.1034	0.1997	0.0038
SEM		0.13	0.03	0.10	0.16	0.30	0.04	0.07
CV (%)		4.62	5.98	3.31	3.86	4.17	20.78	12.94

ตารางที่ 4.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ที่อายุการตัดระยะต่างๆ (เปอร์เซ็นต์)

อายุการตัด (เดือน)	พันธุ์อ้อย	48 h		72 h	
		ต้น	ใบ	ต้น	ใบ
5	มากอส	77.08	50.57	78.31	60.69
	อู่ทอง 3	81.01	51.20	84.88	62.31
	สุพรรณบุรี 50	78.69	47.60	84.29	59.57
	อู่ทอง 1	77.06	50.31	81.17	61.36
	K 84-200	76.05	52.12	80.23	60.62
6	มากอส	76.07	50.19	76.85	58.00
	อู่ทอง 3	72.03	50.30	72.87	60.01
	สุพรรณบุรี 50	73.45	47.15	74.12	56.85
	อู่ทอง 1	73.15	48.28	71.82	55.50
	K 84-200	69.76	51.17	72.64	59.69
7	มากอส	76.75	49.07	76.35	57.92
	อู่ทอง 3	72.44	47.61	71.31	55.36
	สุพรรณบุรี 50	73.59	45.94	71.92	53.61
	อู่ทอง 1	73.53	48.83	71.95	52.39
	K 84-200	70.50	47.55	69.18	54.88
8	มากอส	73.48	46.65	74.23	55.49
	อู่ทอง 3	70.76	44.54	70.57	53.77
	สุพรรณบุรี 50	70.62	41.33	70.63	49.77
	อู่ทอง 1	67.56	42.88	67.23	49.23
	K 84-200	66.90	45.55	68.59	52.99
9	มากอส	69.88	38.40	71.66	47.29
	อู่ทอง 3	69.05	38.97	68.22	49.15
	สุพรรณบุรี 50	68.11	39.94	67.68	48.15
	อู่ทอง 1	64.11	36.93	64.70	43.82
	K 84-200	63.71	40.94	66.39	49.29
Pr> F	อายุ	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	พันธุ์	0.0001	0.010	0.0001	0.001
	อายุ*พันธุ์	0.0217	0.8077	0.0001	0.3042
SEM		0.21	0.31	0.21	0.26
CV (%)		2.46	5.74	2.45	4.15

4.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

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

จากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอ้อย 5 พันธุ์พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดจาก 19.97% ที่อายุการตัด 5 เดือน ถึง 27.06% ที่อายุการตัด 9 เดือน(ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากอ้อยอยู่ในช่วงมีการเจริญเติบโตในระยะแรก (อายุ 5-7 เดือน) และหลังจากนั้นอ้อยมีการเจริญเติบโตลดลงพร้อมกับมีการสะสมน้ำตาลที่ลำต้นมากขึ้น เมื่ออ้อยสุกแก่เต็มที่จะประกอบด้วยน้ำตาลซูโครส 15.5% น้ำ 65% ไฟเบอร์ 16.0% และอื่นๆ 3.5% (Hunsigi, 1993) สอดคล้องกับรายงานของ Kung and Stanley (1982) พบว่าวัตถุแห้งของอ้อยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดเช่นกัน (วัตถุแห้งของอ้อย 22.3%, 21.4%, 29.0%, 30.4% และ 31.5% ที่อายุการตัด 6, 9, 12, 15 และ 24 เดือน ตามลำดับ) ในทางตรงกันข้ามโปรตีนหยาบของอ้อยจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น (โปรตีนหยาบของอ้อย 6.46%, 4.98%, 4.86%, 3.88% และ 3.60% ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน ตามลำดับ) เช่นเดียวกันกับรายงานของ Kung and Stanley (1982) พบว่าโปรตีนของอ้อยจาก 6.4% ที่อายุการตัด 6 เดือน ลดลงถึง 1.8% ที่อายุการตัด 24 เดือน แต่รายงานของ เมธาและคณะ (2540) พบว่าอ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีโปรตีนหยาบ (7.1%) สูงกว่าอ้อยที่ตัดอายุ 6 เดือน ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของ

ดิน ปริมาณปุ๋ยที่ให้ การจัดการดูแล และ สภาพภูมิอากาศ และจากรายงานของ เมธาและฉลอง (2533) พบว่าโปรตีนของหญ้ากินนีและหญ้าซิกแนลจะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นคล้ายกัน เยื่อใย และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) จะเพิ่มสูงขึ้นที่อายุการตัด 6 เดือน และลดลง เมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Kung and Stanley (1982) พบว่า เยื่อใย และ NDF ลดลงเมื่ออายุการตัดอ้อยเพิ่มมากขึ้น อาจเป็นเพราะว่าอ้อยมีการสะสมน้ำตาลที่ลำต้นมากขึ้น

การย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อย 5 พันธุ์ ตามอายุการตัดระยะต่างๆ อ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งที่การหมักแช่ถุงไนล่อนใน Rumen ที่ 48 h และ ที่ 72 h จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับพืชอาหารสัตว์เขตร้อนพวกหญ้า เช่น หญ้ากินนีมีการย่อยสลายวัตถุแห้ง 70%, 59% และ 56% และหญ้าซิกแนลมีการย่อยสลายวัตถุแห้ง 74%, 64% และ61% เมื่ออายุการตัด 28, 56 และ84 วัน ตามลำดับ (เมธาและฉลอง, 2533) จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน พืชอาหารสัตว์อายุอ่อนจะย่อยได้ง่ายกว่าพืชที่มีอายุแก่ เพราะมีส่วนประกอบของLignin ซิลิกา และคิวติน น้อยกว่า และในพืชอาหารสัตว์ที่แก่จัดจะมีLignin ประกอบอยู่มากเป็นสัดส่วนตามอายุของพืช ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้ลดลง (วิโรจน์, 2546) สอดคล้องกับ West et al., (1997) พบว่า การย่อยสลายได้ของถั่วแห้งอัลฟาฟ่าช้ากว่าหญ้าแห้งเบอร์มิวด้าเนื่องจากถั่วแห้งอัลฟาฟ่ามีLigninสะสมมากกว่าหญ้าแห้งเบอร์มิวด้า อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งในส่วนของลำต้นอ้อยสูงสุด รองลงไปคือ พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์ อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ตามลำดับ ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งในส่วนของใบอ้อย พันธุ์มากอส ก็สูงสุดเช่นเดียวกัน รองลงไปคือ พันธุ์ K 84-200 พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์สุพรรบุรี 50 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะอ้อยทั้ง 5 พันธุ์มีเยื่อใย และเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) ไม่มีความแตกต่างกัน และอ้อยพันธุ์มากอสมีเยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด ต่ำสุด (ADF) ซึ่งค่า ADF จะบ่งบอกถึงการย่อยได้ของ อาหาร ถ้าค่า ADF สูง แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นจะมีสัดส่วนของ Lignin ซึ่งโคย่อยไม่ได้อยู่มาก เช่นกัน ค่า ADF ที่ต่ำ แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นมีการย่อยได้สูง (วิโรจน์, 2546)

4.7 สรุปผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยพันธุ์มากอส พันธุ์อู่ทอง 3 พันธุ์สุพรรณบุรี 50 พันธุ์อู่ทอง 1 และพันธุ์ K 84-200 ที่อายุการตัด 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน มีวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบแตกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกรด (ADF) ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นกัน แต่เยื่อใย เยื่อใยที่ไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลาง (NDF) ไขมันและเถ้าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.01$) อ้อยพันธุ์มากอสมีวัตถุแห้งเฉลี่ยสูงสุด และพันธุ์อู่ทอง 1 ต่ำสุด ส่วนอ้อยพันธุ์อู่ทอง 3 มีโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด และพันธุ์ K 84-200 ต่ำสุด ส่วนปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) และปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ของอ้อย

ทุกพันธุ์ตามอายุการตัดระยะต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยอ้อยพันธุ์มากอสให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด และอ้อยพันธุ์ K 84-200 ต่ำสุด เช่นเดียวกันปริมาณโปรตีน (กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) อ้อยพันธุ์มากอสให้ปริมาณโปรตีนสูงสุดและพันธุ์ K 84-200 ให้ปริมาณโปรตีนต่ำสุด อ้อยที่ตัดอายุ 5, 6, 7, 8 และ 9 เดือน มีวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใย NDF ไขมัน เถ้า ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ADF ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นกัน อ้อยเมื่ออายุการตัดเพิ่มขึ้นจะมีวัตถุแห้งและปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่โปรตีนจะลดลง อ้อยที่ตัดอายุ 7 เดือน มีปริมาณโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด (163.7 กก.น้ำหนักแห้ง/ไร่) ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยพันธุ์ต่างๆ ตามอายุการตัดระยะต่างๆ จะลดลงตามอายุการตัดที่เพิ่มขึ้น อ้อยที่ตัดอายุ 5 เดือน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด และอ้อยที่ตัดอายุ 9 เดือน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งต่ำสุด อ้อยพันธุ์มากอสมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงสุด ดังนั้นการนำต้นอ้อยสดมาเลี้ยงโคนมให้ เหมาะสมจะต้องพิจารณาทั้งสายพันธุ์อ้อยและอายุการตัดเพื่อให้โคนมได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพและมีความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจ

ในการพิจารณาเลือกต้นอ้อยสดมาเลี้ยงโครีดนมนั้น จะต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนะของอ้อย ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณโปรตีน เนื่องจากจะมีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ซึ่งจะมีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนม และต้นทุนการผลิต จะเห็นว่าอ้อยพันธุ์มากอสที่อายุการตัด 6 และ 7 เดือน มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เลี้ยงโครีดนม เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณโปรตีนสูงสุด นอกจากนี้ยังมีการย่อยสลายวัตถุแห้งของอ้อยสูงกว่าอ้อยที่ตัดอายุ 8 และ 9 เดือน ซึ่งจะทำให้การใช้ประโยชน์ต้นอ้อยสดมาเลี้ยงโครีดนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในแง่การให้ผลผลิต และต้นทุนการผลิต

บทที่ 5
การศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนม

5.1 คำนำ

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

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมในโคนมที่ได้รับต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบโดยเปรียบเทียบกับอาหารหยาบคุณภาพดี

5.3 อุปกรณ์และวิธีการ

5.3.1 การปลูกอ้อยสำหรับนำมาเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโค

นำพันธุ์อ้อยที่ศึกษามาแล้วจากการทดลองในบทที่ 4 คือ พันธุ์มากอสมาปลูกในแปลงที่เตรียมดินไว้แล้ว (ไถ 4 จาน, ไถ 7 จาน, พรวน 18 จาน และยกร่อง) จำนวน 4 ไร่ ใช้ท่อนพันธุ์อายุ 8 เดือน มาปลูกในร่องโดยวางท่อนพันธุ์เรียงต่อกันช่วงต่อระหว่างท่อนพันธุ์จะซ้อนกันประมาณ 50 cm แล้วสับเป็นท่อนๆยาวประมาณ 50 cm พร้อมกับโรยฟูราดานข้างๆ ท่อนพันธุ์จำนวน 6 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อป้องกันหนอนกออ้อย หลังจากนั้นสับดินกลบท่อนพันธุ์ ดูแลอ้อยหลังปลูกและกำจัดวัชพืชพร้อมใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 25 กก./ไร่ เมื่ออ้อยอายุ 1 เดือนครึ่งและใส่ปุ๋ยสูตร46-0-0 จำนวน 25 กก/ไร่ เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือนอีกหนึ่งครั้ง โดยโรยปุ๋ยข้างต้นอ้อยแล้วสับดินกลบ เมื่ออ้อยอายุ 6-7 เดือน ตัดเลี้ยง

โครีดนมลูกผสมไฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน โดยตัดต้นอ้อยชิดดินแล้วนำมาสับด้วยเครื่องสับต้นอ้อยให้มีขนาด 2-3 นิ้ว ก่อนนำไปเลี้ยงโคทุกวัน

5.3.2 การจัดโคทดลองและการจัดการให้อาหาร

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

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

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

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

ตารางที่ 5.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมระยะกลางของการให้นมที่ใช้ในการทดลอง

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

5.3.3 วิธีการทดลองและเก็บข้อมูล

จัดโครีดนมออกเป็นกลุ่มตามแผนการทดลองแล้ว ให้อาหารหยาบวันละ 2 ครั้ง และอาหารข้นวันละ 3 ครั้ง โดยใช้ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 14 วัน เพื่อให้คุ้นเคยกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป เช่น สภาพคอก เครื่องรีดนมระบบ Bucket type คนรีดนม และอาหาร เป็นต้น ก่อนเก็บข้อมูลจริง หลังจากนั้นทำการทดลองเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยทำการบันทึกปริมาณน้ำนมดิบทุกวัน โดยจะรีดนมโควันละ 2 ครั้ง (เวลา 5.00 น. และ 15.00 น.) แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ติดต่อกัน (เย็น- เช้า) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบ

(ไขมันนม, โปรตีนนม, น้ำตาลแล็กโทส, Solid not fat และ Total solid) โดยทำการแยกวิเคราะห์น้ำนมดิบเก็บช่วงเย็นและน้ำนมดิบเก็บช่วงเช้า ด้วยเครื่องวิเคราะห์ Milko scan รุ่น S50

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

การวิเคราะห์หา NDF, ADF และLignin ทำโดยการต้มตัวอย่างกับสารละลายที่เรียกว่า Neutral detergent solution ส่วนที่ละลายและถูกกรองทิ้งไป คือส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยได้ง่าย (Non structural carbohydrate, NSC) และส่วนที่เหลือเป็นกาก คือส่วนของผนังเซลล์ (Cell wall constituents, CWC) ซึ่งเรียกว่า Neutral detergent fiber (NDF) และเมื่อนำตัวอย่างมาต้มกับสารละลาย Acid detergent soluble (ADS) ส่วนที่ละลายและถูกกรองทิ้งไป คือ Hemicellulose ส่วนที่เป็นกากเหลืออยู่ คือส่วนของ Lignin และCellulose (Ligno-cellulose) ซึ่งเรียกว่า Acid detergent fiber (ADF) ต่อจากนั้นนำตัวอย่างมาต้มด้วยกรดกำมะถัน (72% H_2SO_4) ส่วนที่สลายตัวไป คือCellulose และส่วนที่เหลืออยู่คือ Lignin และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid insoluble ash, AIA) เมื่อนำไปเผา Lignin จะสลายตัวไปเหลือแต่ AIA ซึ่งนำมาหักลบ คำนวณหาค่า Lignin (Acid detergent lignin, ADL) ได้

นำตัวอย่างอาหารมาวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser) และนำตัวอย่างอาหารที่เหลือจากการต้มด้วย Neutral detergent solution (NDS) และ Acid detergent soluble (ADS) ไปวิเคราะห์หาไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็น

กลาง (NDIN) และไนโตรเจนที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADIN) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser) เช่นเดียวกัน เพื่อหาค่าเยื่อใยที่ปราศจากไนโตรเจน (NDF_N)

หลังจากสิ้นสุดการทดลอง ชั่งน้ำหนักโคทดลองทุกตัว

วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ใน Rumen โดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจาก Rumen (Rumen fluid) ของโคเจาะกระเพาะ hที่ 0 (ก่อนการให้อาหารข้นและอาหารหยาบ), 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 h หลังจากการให้อาหาร มาวัดหาความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่อง pH/Temperature meter การเก็บตัวอย่างของเหลวจะเก็บวันสุดท้ายที่ศึกษาการย่อยสลายของอาหาร

5.3.4 การศึกษาการย่อยสลายอาหารใน Rumen

การศึกษาการย่อยสลายของอาหารใน Rumen ด้วยวิธีการใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag technique) (Ørskov and Mehez, 1977; Lindlberg, 1985) โดยนำถุงไนล่อนที่มีขนาด 8×11 ซม. และ มีรูพรุนขนาด 47 μm เพื่อไม่ให้อาหารเล็ดลอดออกจากถุงแต่ทว่าจุลินทรีย์สามารถเข้าทำการย่อยอาหารในถุงได้มาอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1-2 h เพื่อไล่ความชื้นหลังจากนั้นนำถุงมาชั่งน้ำหนักพร้อมกับชั่งน้ำหนักอาหารใส่ถุงประมาณ 3-5 กรัม ที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 mm แล้วผูกปากถุง นำถุงอาหารมาสอดเข้ากับสายยางที่ได้เจาะรูร้อยเชือกยาวประมาณ 90 cm ไว้แล้ว หลังจากนั้นนำไปแช่ใน Rumen ของโคเจาะกระเพาะโดยสอดใส่ทางแคนูลา ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่างๆ กัน คือ อาหารข้นแช่ไว้ที่ 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 h ส่วนอาหารหยาบแช่ไว้ที่ 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 h โดยใช้โคเจาะกระเพาะ 4 ตัวต่อกลุ่มการทดลอง โคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ โคเจาะกระเพาะเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมพันธุ์ไฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian, HF) สายเลือดผสมประมาณ 87.5% โดยแบ่งโค 2 กลุ่มการทดลอง คือ

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

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

เมื่อครบตามกำหนดเวลานำถุงไนล่อนออกจาก Rumen ล้างถุงไนล่อนด้วยน้ำประปาเพื่อล้างของเหลวจาก Rumen ออกจากอาหารส่วนที่ไม่ถูกย่อยสลาย และเพื่อยับยั้งกิจกรรมอันเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์ หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนไปแช่แข็ง จนกระทั่งได้ตัวอย่างครบตามh ที่แช่ถุงไนล่อนไว้ ก็นำถุงไนล่อนมาล้างอีกครั้งโดยใช้เครื่องซักผ้าวิธีการทำง่ายๆ คือบรรจุถุงไนล่อนที่ต้องการล้างลงในถังซักที่มีน้ำอยู่เต็ม เปิดเครื่องซักผ้าที่มีจังหวะการซักที่เบาที่สุดใช้เวลาการล้างประมาณ 15 นาที ต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้ง จนกระทั่งน้ำใส นำถุงที่ผ่านการล้างแล้วลงปั่นในถังปั่นแห้ง 3-5 นาที ก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 36 h เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (Dry matter) และนำอาหารที่เหลือแต่ละถุงไนล่อน ถุงที่ 1, 2, 3 และ 4 มารวมกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาโปรตีนหยาบ (Crude protein) โดยเครื่องเคเจลเทค (Kjeltec auto analyser)

นำค่าสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆ ที่นำถุงออกจาก Rumen ที่ได้มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของโปรตีนใน Rumenโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Ørskov and McDonald, 1979) ตามสมการดังนี้

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

เมื่อ dg = effective protein degradability

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

b = potentially degrade N , other than water soluble N

c = fractional rate of degradation of feed N per hour

k = fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้วสามารถนำไปหาค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (Rumen Degradable Protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในRumen (Rumen Undegradable Protein, UDP) ได้ตามสมการดังนี้

$$RDP = CP * dg$$

$$CP = RDP + UDP \text{ หรือ } UDP = CP - RDP$$

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

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

5.5 ผลการทดลอง

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

ตารางที่ 5.2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโครีดนม

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

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

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

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณการกินได้ วัตถุแห้ง โปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ของโคนม

ปริมาณการกินได้	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
วัตถุแห้ง (กก./ตัว/วัน)	10.53	11.21	0.2195	12.24
โปรตีน (กรัม /ตัว/วัน)	1,470	1,397	0.0326	5.48
TDN (กก./ตัว/วัน)	7.17	7.82	0.0500	10.33
pH ใน Rumen	6.54	6.36	0.3321	3.69

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ตารางที่ 5.4 แสดงผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

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

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

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

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

ตารางที่ 5.5 แสดงเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของน้ำนม

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
ไขมัน	3.53	3.25	0.1925	15.33
โปรตีน	2.66	2.80	0.0935	7.08
แล็กโทส	4.47	4.47	0.9107	4.03
SNF	8.06	8.19	0.3084	3.71
Total solid	10.66	10.51	0.5701	5.92

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ตารางที่ 5.6 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนม

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง				
ก่อนการทดลอง (กิโลกรัม)	429	440.08	0.4067	7.38
หลังการทดลอง (กิโลกรัม)	417.33	448.33	0.0495	8.44
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	- 208.33	+147.32	0.0019	-

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับโปรตีนย่อยสลายใน Rumen (Rumen Degradable Protein, RDP) โปรตีนไม่ย่อยสลายในRumen (Rumen Undegradable Protein, UDP) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน (RDP/ME) จากอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่า โปรตีนย่อยสลายใน Rumen ที่โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ใน Rumen สูงกว่าโคนมได้รับต้นอ้อยสด (1,248 และ 1,187 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ส่วนโปรตีนไม่ย่อยสลายใน Rumen โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงานของกลุ่มโคนมที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักที่ได้รับจากอาหารสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 5.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในRumen (RDP) โปรตีนที่ไม่ย่อย สลายได้ใน Rumen (UDP) (กรัม/ตัว/วัน) และสัดส่วนโปรตีนและพลังงาน

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
โปรตีนย่อยสลายในRumen	1,248	1,187	0.0146	4.68
โปรตีนไม่ย่อยสลายในRumen	222	210	0.2051	10.03
RDP/ME (gRDP/MJME)	11.54	10.12	0.0001	5.52

หมายเหตุ [1/]กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

ความต้องการโปรตีนของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง แสดงในตารางที่ 5.8 พบว่า ความต้องการโปรตีนย่อยสลายใน Rumen ของโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับ

ต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ความต้องการโปรตีนไม่ย่อยสลายใน Rumen ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนจุลินทรีย์สูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (1,077.21 และ 969.55 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และความต้องการโปรตีนทั้งหมดของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โค นมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดมีความต้องการโปรตีนทั้งหมดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (666.50 และ 577.18 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 5.8 แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ (กรัมต่อตัวต่อวัน)

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
ความต้องการ RDP	1,077	1,197	0.0449	12.11
RDP จากอาหาร	1248	1187	0.0146	4.68
ขาด/เกิน	+171	- 10	0.0001	104.62
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน(MCP)	970	1077	0.0449	12.11
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด(AP_R)	577	667	0.0019	9.95
ความต้องการ UDP	- 82	- 43	0.4512	196.93
UDP จากอาหาร	222	210	0.2051	10.03
ขาด/เกิน	+304	+253	0.3876	50.11

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

จากตารางที่ 5.9 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและความต้องการพลังงานเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง พบว่า พลังงานที่โคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองได้รับจากอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับพลังงานจากอาหารสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก (17.75 และ 16.25 Mcal/day ตามลำดับ) ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และความต้องการพลังงานเพื่อการผลิตน้ำนมของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับความต้องการพลังงานเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่าโคนมกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างผลผลิต และพลังงานใช้ประโยชน์ของโคนมทั้งสองกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

โคนมกลุ่มการทดลองที่ 2 มีความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างผลผลิตและพลังงานใช้ประโยชน์สูงกว่าโคนมกลุ่มการทดลองที่ 1 (9.12 , 7.69 และ 10.07 , 8.71 Mcal/day ตามลำดับ)

ตารางที่ 5.9 แสดงพลังงานที่ได้รับจากอาหารและที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ (Mcal/day)

รายการ	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	Pr > T	%CV
NEL (intake)	16.25	17.75	0.0451	10.19
NE_M	7.54	7.68	0.4002	5.50
NE_L	8.71	8.36	0.5250	15.59
NE_G	- 1.02	0.76	0.0018	-
NE retention	7.69	9.12	0.0237	17.14
NEL – NE_M	8.71	10.07	0.050	17.10
Efficiency	0.8921	0.9167	0.6800	16.20

หมายเหตุ [1/] กลุ่มการทดลองที่ 1 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ

[2/] กลุ่มการทดลองที่ 2 คือกลุ่มที่โคนมได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ

NEL หมายถึง พลังงานสุทธิที่ได้รับจากอาหาร

NE retention หมายถึง พลังงานสุทธิเพื่อการสร้างผลผลิต (=NE_L + NE_G)

NEL – NE_M หมายถึง พลังงานใช้ประโยชน์

Efficiency หมายถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อผลผลิต (= NE retention/NEI - NE_M)

5.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

โครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมทั้งสองกลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ และกลุ่มที่ 2 ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ ในการให้อาหารโคนมแต่ละกลุ่ม อาหารข้นจะจ่ายให้ปริมาณเท่ากัน 3 ครั้งต่อวัน (เวลา 8.00 น. 11.30 น. และ 16.30 น.) ส่วนอาหารหยาบให้กินเต็มที่ (*ad libitum*) โดยส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารที่ใช้เลี้ยงโคนมทั้งสองกลุ่ม (ตารางที่ 5.2) พบว่าโปรตีนหยาบต้นข้าวโพดหมักสูงกว่าต้นอ้อยสด (7.55% และ 5.03% ตามลำดับ) อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำและอาหารหยาบที่มีคุณภาพปานกลางมีโปรตีนหยาบ 2-5% และ 8-10% ตามลำดับ (ฉลอง, 2546) ระดับโปรตีนในอาหารโคนมจะมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำนม แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนนม ยกเว้นถ้าโคนมได้รับอาหารที่มีโปรตีนต่ำกว่าความต้องการและเกิดขึ้นมากในโคนมที่ได้รับอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำ ทรงศักดิ์ (2541) รายงานว่า โคนมได้รับอาหารโปรตีนหยาบจาก 16% เป็น 20% มีแนวโน้มเพิ่มการให้ผลผลิตน้ำนม แต่ไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบน้ำนม

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

เถ้าในต้นข้าวโพดหมัก (15.14%) สูงกว่าต้นอ้อยสด (3.71%) บุญล้อม (2541ข) รายงานว่าข้าวโพดหมักมีเถ้า 5.6% ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณเถ้าของต้นข้าวโพดหมักที่ใช้ทดลองสูงอาจเนื่องมาจากมีดินติดปะปนมากับต้นข้าวโพดสดปริมาณมากขณะตัดต้นข้าวโพดก่อนนำมาหมักในหลุม ในส่วนของ Lignin ของต้นอ้อยสดสูงกว่าต้นข้าวโพดหมัก (6.78% และ 5.30% ตามลำดับ) ซึ่งต้นอ้อยสดมีค่า Lignin ใกล้เคียงกับรายงานของ Wanapat et al. (2000) พบว่า อ้อยที่ตัดอายุ 6-7 เดือน มี Lignin 6.3% ในข้าวโพดหมักและฟางข้าวมีค่าLignin 4.4% และ 4.9% ตามลำดับ (บุญล้อม, 2541ข) Lignin เป็นส่วนคาร์โบไฮเดรตที่โคนมย่อยไม่ได้และอาหารที่มี Lignin ประกอบอยู่มากจะย่อยยากทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยได้ของอาหารลดลง (วิโรจน์, 2546)

การกินวัตถุแห้งได้ของโคนมกลุ่มที่กินต้นข้าวโพดหมักและกลุ่มที่กินต้นอ้อยสดไม่มีความแตกต่างกัน (10.5 และ 11.2 กก.น้ำหนักแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 2.45% ของน้ำหนักตัวต่อวัน และ 2.55% ของน้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ) อาจจะเนื่องมาจากระดับความเป็นกรด-ด่างใน Rumen ของกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก และกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสด (ระดับ pH 6.54 และ pH 6.36

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

ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมดิบของโคนมทั้งกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักและต้นอ้อยสดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Wanapat et al. (2000) พบว่า ผลผลิตน้ำนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ของโครีดระยะปลายของการให้น้ำนมที่ได้รับฟางหมักยูเรีย 5% และต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ (4.21 และ 4.26 กก.ต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ไขมันและโปรตีนนมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เนื้อนมไม่รวมไขมัน (SNF) มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) (8.17% และ 8.06% ตามลำดับ) รายงานของ Harris (1983) พบว่า การใช้อ้อยหมักเทียบกับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม ผลผลิตน้ำนม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (17.2 และ 18.5 กก.ต่อวันต่อตัว ตามลำดับ) อาจเนื่องมาจากการกินได้ของวัตถุแห้งของต้นอ้อยหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เป็นเพราะว่าอ้อยที่ใช้หมักมีอายุการตัด 1 ปี และอ้อยมีน้ำตาลสูงจึงทำให้มีการผลิตแอลกอฮอล์สูงโดยยีสต์ ส่วนโปรตีนนมก็มีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (3.20% และ3.0% ตามลำดับ) เช่นเดียวกัน แต่ไขมันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

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

การได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ใน Rumen พบว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักจะได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ใน Rumen สูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะต้นข้าวโพดหมักจะมีการย่อยสลายโปรตีนระหว่างการหมักจึงทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีน (*dg*CP) เพิ่มขึ้น จึงทำให้โคกลุ่มที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen เกินกว่าความต้องการ แต่ในกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดได้รับโปรตีนย่อยสลายใน Rumen ต่ำกว่าความต้องการ หรืออาจเนื่องจากต้นอ้อยสดมีโปรตีนหยาบต่ำ (4%) (Pate, 1985) ในส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายใน Rumen พบว่า โครีดนมทั้ง 2 กลุ่มการทดลองได้รับไม่มีความแตกต่างกันและได้รับเกินความต้องการ และเมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายใน Rumen ต่อพลังงานใช้ประโยชน์ พบว่าในกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักมีสัดส่วนที่สูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบ คือ 11.54 และ 10.12 gRDP/MJME ตามลำดับ ซึ่งตามที่ ARC (1980; 1984) รายงานสัดส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายใน Rumen ต่อพลังงานใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมมีค่า 8.38 gRDP/MJME เพื่อการทำงานของ จุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการเจริญเติบโตและการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์สามารถสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนได้มากที่สุดถ้าสัดส่วนต่ำจะมีผลต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนได้ต่ำและทำให้มีการผลิตกรดไขมันระเหยได้ในปริมาณที่สูงซึ่งจะมีผลต่อระบบนิเวศน์วิทยาภายใน Rumen (Leng, 1991)

การกินได้ของพลังงานสุทธิ ที่แสดงในตารางที่ 5.9 ของกลุ่มการทดลองที่ 2 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากต้นข้าวโพดหมักมีปริมาณของเถ้าอยู่สูง (15.14%) ซึ่งจะมีผลต่อการประเมินคุณค่าทางพลังงานที่นำเสนอใหม่ (Weiss et al., 1992) ตามรายงานของ เมธาและฉลอง (2533) และ บุญล้อม (2541ข) พบว่า ข้าวโพดหมักมีเถ้า 5.8% และ 5.6% ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามโคทั้ง 2 กลุ่มก็ได้รับพลังงานเพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพ การให้ผลผลิตน้ำนม และการเพิ่มน้ำหนักตัว

5.7 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนม เปรียบเทียบกับการใช้ต้นข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ พบว่า กลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดมีการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างจากกลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมัก แต่ได้รับโปรตีนหยาบต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่งผลทำให้ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายใน Rumen ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เช่นเดียวกัน ส่วนการได้โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายใน Rumen ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งตรงกันข้ามกับการได้รับพลังงานย่อยได้ทั้งหมดและพลังงานสุทธิของกลุ่มโคที่ได้รับต้นอ้อยสดสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จึงทำให้น้ำหนักตัวโคสูงกว่ากลุ่มโคที่ได้รับต้นข้าวโพดหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบของน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มโคที่ได้ต้นอ้อยสดและต้นข้าวโพดหมัก ดังนั้นการใช้ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโครีดนมระยะกลางของการให้น้ำนมได้ไม่แตกต่างจากการใช้ต้นข้าวโพดหมัก จึงทำให้การใช้ต้นอ้อยสดเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมสามารถนำมาทดแทนอาหารหยาบคุณภาพดี และสามารถที่จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้

บทที่ 6

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

6.1 คำนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมในประเทศไทยได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ จึงทำให้ประชากรโคนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการอาหารของโคนมภายในประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบ (Roughage) การปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อจะนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในประเทศนั้นกระทำได้ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากพื้นที่การเกษตรบางส่วนได้ถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เพื่ออุตสาหกรรม ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจึงประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบอยู่เป็นประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง อ้อยถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์ของการปลูกเพื่อนำมาผลิตน้ำตาลทรายเป็นหลัก ซึ่งพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในแต่ละปี แต่อย่างไรก็ตามโรงงานน้ำตาลก็ยังไม่สามารถรองรับต้นอ้อยจากเกษตรกรได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงมีต้นอ้อยเหลือจากโควตาโรงงานน้ำตาลส่วนหนึ่ง โดยพบว่าช่วงที่เกษตรกรตัดต้นอ้อยส่งโรงงานน้ำตาลนั้นเป็นช่วงฤดูแล้ง ซึ่งเป็นช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับนำมาใช้เลี้ยงโคนม ดังนั้นถ้าหากสามารถนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมได้ ก็จะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้เช่นกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการย่อยสลายได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

6.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายได้ใน Rumen ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมัก

6.3 อุปกรณ์และวิธีการ

6.3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แล้วนำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 $^{\circ}C$ เป็นเวลา 36 h เพื่อหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) (AOAC, 1990)

6.3.2 นำตัวอย่างหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่ผ่านการอบ มาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่าน

ตะแกรงขนาด 1.0 mm แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 2.0 mm เพื่อศึกษาการย่อยสลายได้ใน Rumen

6.3.3 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 °C เป็นเวลา 3 h ส่วนเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดยดีเทอเจน (Detergent analysis) (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในดีเทอเจนที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และAcid detergent lignin, ADL โดยเครื่องไฟเบอร์เทค (Fibertec auto analyser)

6.3.4 นำตัวอย่างอีกส่วนหนึ่งที่เก็บไว้ในข้อ 6.3.2 มาศึกษาการย่อยสลายได้ใน Rumen โดยใช้ถุงไนล่อนแช่ใน Rumen ของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov et al., 1980)

โดยนำตัวอย่างอาหารชนิดต่าง ๆ ที่บดไว้ และถุงไนล่อนที่มีขนาดรูพรุนของถุง 47 μm และความกว้างยาวขนาด 8x10 cm ที่ใช้ในการทดลองไปอบที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 1-2 h เพื่อไล่ความชื้นและชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหารสัตว์ โดยใช้ตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ประมาณ 5-6 กรัม ใส่ลงในถุงไนล่อนที่ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้แล้ว หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วมาร้อยติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 90 cm นำไปหย่อนใน Rumen โดยให้สายพลาสติกอยู่ในส่วนที่ลึกที่สุดของ Rumen ในส่วนอาหารหยาบในแต่ละถุงมีระยะเวลาการแช่อยู่ใน Rumen ต่างกันดังนี้คือ 0, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 h โดยแต่ละตัวอย่างทำ 6 ซ้ำ ใช้โคเจาะกระเพาะ 6 ตัว และให้ถุงที่หย่อนในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ เมื่อแช่ถุงไนล่อนใน Rumen ของโคได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงทั้งหมดออกจาก Rumen นำมาล้างเพื่อเอาเศษอาหารที่ติดจาก Rumen ออก แล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบตามเวลาแล้ว นำถุงไนล่อนมาล้างในเครื่องซักผ้าโดยปล่อยน้ำล้นออกจากเครื่องซักผ้าจนน้ำใส หลังจากนั้นนำถุงไนล่อนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 36 h และนำไปชั่งเพื่อวิเคราะห์ปริมาณหาวัตถุแห้ง และนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายในถุงไนล่อนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยรวมตัวอย่างจากโคตัวที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เข้าด้วยกัน จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่าง ๆ ของวัตถุแห้งและไนโตรเจน มาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของวัตถุดิบได้ดังนี้คือ

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

$$\text{Potential dg} = a + b(1-\exp^{-ct})$$

$$\text{Effective dg} = a + bc/(c+k)$$

เมื่อ Potential dg = ปริมาณที่ถูกย่อยสลายเมื่อเวลา t

dg = Effective protein degradability

a,b,c = Constants in exponential equation

k = Fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า Effective dg แล้ว สามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (Rumen degradable protien, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในRumen (Rumen undegradable protein, RUP) เพื่อนำไปใช้คำนวณความต้องการโปรตีนต่อไป

6.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาหาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูปของ Mean±SD

6.5 ผลการทดลอง

6.5.1 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 6.1 พบว่า ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน, เปอร์เซ็นต์ไขมัน, เปอร์เซ็นต์ Neutral detergent insoluble protein (NDICP) และเปอร์เซ็นต์ 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

6.5.2 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 แสดงไว้ดังตารางที่ 6.2 และตารางที่ 6.3 พบว่า เมื่อมีระยะเวลาอยู่ใน Rumen นานขึ้นหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จะมีอัตราการย่อยสลายได้ใน Rumen เพิ่มขึ้นตามเวลา โดยมีต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก (dgDM = 41.73) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งต่ำสุด และมีหญ้าหมัก (dgDM = 52.78) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งสูงที่สุด แต่ในส่วนของอัตราการย่อยสลายได้โปรตีน พบว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน (dgCP = 44.07) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนต่ำที่สุด และมีหญ้าหมัก (dgDM = 58.37) เป็นอาหารหยาบที่มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนสูงที่สุด

6.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

6.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีองค์ปะกอบทางเคมีจำพวกโปรตีน ไขมัน Neutral detergent insoluble crude protein (NDICP) และ Acid detergent insoluble crude protein (ADICP) ใกล้เคียงกับหญ้าหมัก แต่มีค่าสูงกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน โดยที่เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 6.50 เปอร์เซ็นต์ และ 6.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) และ Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้ที่ 6.4 เปอร์เซ็นต์ และ 6.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 3.68 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 2.32 เปอร์เซ็นต์ และ 2.44 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก มีค่าต่ำกว่าเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 1.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเมธาและฉลอง (2533) โดยรายงานไว้ที่ 1.60 เปอร์เซ็นต์

ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกวัตถุแห้ง เยื่อใย Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) และ Acid detergent lignin (ADL) อยู่ในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมักตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 37.49 เปอร์เซ็นต์ 30.74 เปอร์เซ็นต์ และ 28.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ได้จากการทดลองมีค่าสูงกว่า Kung and Stanley (1982) โดยรายงานไว้ที่ 29.00 เปอร์เซ็นต์ และ 22.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก มีค่าเท่ากับ 33.15 เปอร์เซ็นต์ 29.15 เปอร์เซ็นต์ และ 23.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์เยื่อใยของต้นอ้อยอายุ 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 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก 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 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก 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 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและหญ้าหมัก 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 มีองค์ประกอบที่เป็นเยื่อใยอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชที่มีอายุมากจะมีผนังเซลล์หนาและย่อยได้ยาก และส่วนของลำต้นจะมีองค์ประกอบที่เป็นLigninอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงส่งผลทำให้พืชที่มีอายุมากจะมีคุณค่าทางอาหารลดลง (ชวนิศนดากร, 2534)

หญ้าหมักมีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกเถ้าอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งมีค่าสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักและต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนตามลำดับ โดยที่เปอร์เซ็นต์เถ้า

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

6.6.2 การย่อยสลายได้วัตถุแห้ง, การย่อยสลายได้โปรตีน, อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งและอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก, 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 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากหญ้าหมักมีเยื่อใยอยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ซึ่งเป็นผลทำให้การย่อยสลายได้วัตถุแห้งที่เวลาต่าง ๆ สูงกว่า แต่ในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณเยื่อใยที่สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่ก็มีค่า Effective degradability of DM สูงกว่า ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน นั้นมีองค์ประกอบของน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่มากกว่า ซึ่งปริมาณน้ำตาลที่มากกว่านี่เองจะส่งผลทำให้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน มีค่า Effective degradabiliy of DM สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่ในส่วนของค่า Effective degradability of CP พบว่าหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีค่า Effective degradability of CP สูงที่สุดรองลงมาคือต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือนตามลำดับ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งร่วมกับปริมาณโปรตีนที่วิเคราะห์ได้จากอาหารหยาบตามระยะเวลาต่าง ๆ ถึงแม้ว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีค่า Effective degradability of DM สูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก แต่กลับมีค่า Effecttive degradability of CP ต่ำกว่า ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีปริมาณโปรตีนต่ำกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมาก จึงเป็นผลทำให้การย่อยสลายได้โปรตีนที่เวลาต่าง ๆ ต่ำกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก

6.7 สรุปผลการทดลอง

เปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีค่าใกล้เคียงกับหญ้าหมักซึ่งเป็นแหล่งของอาหารหยาบที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในช่วงฤดูแล้ง แต่ในส่วน

ของเปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมันของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า และในส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จึงส่งผลเสียต่ออัตราการย่อยสลายได้ใน Rumen มากกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และในส่วนของเปอร์เซ็นต์ไขมันของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำมาก ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน จัดได้ว่าเป็นอาหารหยาบที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ และมีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนต่ำ แต่ในส่วนของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะมีระดับของโปรตีนใกล้เคียงกับหญ้าหมักซึ่งใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในช่วงฤดูแล้ง และระดับของไขมันก็ไม่ต่ำมากอีกด้วย นอกจากนั้นยังมีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนสูงกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งต่ำกว่าต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน แต่ก็มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบได้ในช่วงฤดูแล้ง และในส่วนของต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้น เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและมีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนต่ำ ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในการเลี้ยงโคนมก็ควรที่จะมีการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งก่อน

ตารางที่ 6.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)

วัตถุดิบ	เปอร์เซนต์วัตถุแห้ง									
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	NDF	ADF	ADL	NDICP	ADICP
หญ้าหมัก	28.23±4.59	6.52±0.40	2.44±0.12	10.20±0.07	23.85±0.92	50.42±1.26	33.29±2.31	5.14±0.05	5.42±0.26	4.32±0.12
ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก /1	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
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ด.	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
อาหารข้น 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 6.2 แสดงการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD) n=6

วัตถดิบ	วัตถุแห้ง							dgDM /1
	0 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	
หญ้าหมัก	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
ต้นอ้อยอายุ 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
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ด.	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
อาหารข้น 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

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 6.3 แสดงการย่อยสลายได้โปรตีน และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ต้นอ้อยตัดสด อายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD) n=6

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง							dgCP/1
	0 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	
หญ้าหมัก	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	58.37±3.76
ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก	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	46.80±0.79
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ด.	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	44.07±0.97
อาหารข้น 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	80.68±1.94

หมายเหตุ /1 Effective degradability of CP

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

บทที่ 7

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

7.1 คำนำ

ในช่วงฤดูแล้งเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมจะประสบปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี การทำอาหารหมักเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเก็บถนอมอาหารสัตว์ที่มีอยู่ เพื่อเก็บสำรองสำหรับในช่วงที่ขาดแคลน แต่การเก็บสำรองอาหารหมักไว้ใช้ในระยะเวลาที่ยาวนาน อาจส่งผลให้คุณภาพของอาหารหมักเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในการทดลองนี่จึงได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

7.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกัน

7.3 อุปกรณ์และวิธีการ

7.3.1 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

7.3.1.1 ใช้จำนวน 4 ซ้ำ ต่อ 1 Treatment

7.3.1.2 จำนวนอ้อยอายุ 6 เดือนหมัก 16 ถุง ๆ ละ ประมาณ 10 กิโลกรัม มีน้ำหนักรวม 160 กิโลกรัม

7.3.2 ทำการหมักโดยการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ที่หั่นแล้ว นำมาใส่ถุงพลาสติก และซ้อนด้วยถุงโพลีอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม บีบไล่อากาศออกให้หมดแล้วปิดถุงให้สนิท นำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

7.3.3 สุ่มตัวอย่างอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ได้ตามระยะเวลาดังนี้ 1 เดือน, 2 เดือน, 3 เดือน และ 4 เดือนตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนะเช่นเดียวกับหัวข้อ 6.3

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

7.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

7.5 ผลการทดลอง

7.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 จากการเก็บตัวอย่างของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ กัน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์เยื่อใย อัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้โปรตีน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เถ้า พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF และเปอร์เซ็นต์ ADL พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์โดย Orthogonal polynomial analysis จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์เถ้าของเปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

7.5.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา แสดงให้เห็นดังตารางที่ 7.1 พบว่า ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์โดย Orthogonal polynomial analysis จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษายาวนานขึ้นจะส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในลักษณะของเส้นตรง (Linear) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

7.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

7.6.1 องค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณลดลงเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพรชัยและคณะ (2540), วีรพลและคณะ (2541) และ Lopez et al. (1970) โดยที่การลดลงของปริมาณวัตถุแห้งของอาหารอาจเกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียภายใต้สภาพ Aerobic fermentation และ Anaerobic fermentation ซึ่งจุลินทรีย์ใช้คาร์โบไฮเดรทเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ มีผลทำให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Frame (1994) ซึ่งพบว่ากระบวนการหมักที่ดีและเกิดขึ้นเร็วนั้นจะมีการใช้วัตถุแห้งไป 3-5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีปริมาณลดลงเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษายาวนานขึ้น ตั้งแต่เดือนที่ 1-4 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของพิพัฒน์ (2544) พบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลงเมื่อมีระยะเวลาในการหมักของอาหารหมักนานขึ้น และในส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันและเปอร์เซ็นต์เยื่อใยก็พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นกัน

แต่ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่า เปอร์เซ็นต์ NDF มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น เมื่อมีระยะเวลาในการหมักยาวนานขึ้น ซึ่งตรงกันข้ามกับรายงานของ ศรันยาและคณะ (2536) พบว่าเปอร์เซ็นต์ NDF ของหญ้าซิกแนลเมื่อผ่านการหมักแล้ว จะมีเปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหมัก อาจเป็นเพราะว่าเปอร์เซ็นต์ NDF เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ในระหว่างกระบวนการหมัก จุลินทรีย์จะใช้ NDF ส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโต จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงระหว่างกระบวนการหมัก ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF และ ADL มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ ADF และ ADL มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นเมื่อมีระยะเวลาในการหมักนานขึ้น ให้ผลสอดคล้องกับ สายชิมและคณะ (2536), Ely et al. (1981) และ Chauhan and Kakkar (1981) ซึ่งพบว่า ADF ประกอบด้วย Cellulose และLignin ซึ่งย่อยได้ยาก และชานอ้อยเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มี ADF ในปริมาณสูง แต่อย่างไรก็ตามการที่ ADF มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด อาจเกิดจากการที่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งลดลงภายหลักจากการหมัก จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ ADF ที่วิเคราะห์ได้สูงขึ้น

7.6.2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักตามระยะเวลาในการเก็บรักษา

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

7.7 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในส่วนเปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF, เปอร์เซ็นต์ ADL, ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณ VFA_S นั้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF, เปอร์เซ็นต์ ADF และเปอร์เซ็นต์ ADL นั้นจะเพิ่มขึ้น เมื่อต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น แต่ในส่วนของระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) นั้นจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักมีระยะเวลาเก็บรักษานานขึ้น

ตารางที่ 7.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของต้นอ้อยอายุ 6 เดือน ภายหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

ระยะเวลา	วัตถุแห้ง	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	เยื่อใย	NDF	ADF	ADL	NDIN	ADIN	pH	dgDM	dgCP
เดือนที่ 1	20.82	6.53	2.11	6.63^{c}	35.10	69.08^{b}	42.07^{b}	7.64^{b}	5.46	4.57	4.05^{c}	41.15	46.21
เดือนที่ 2	18.01	6.45	2.22	6.98^{bc}	34.66	75.12^{a}	44.27^{b}	8.94^{a}	5.45	4.46	4.43^{b}	41.04	46.44
เดือนที่ 3	16.96	6.36	2.23	7.29^{ab}	34.72	75.08^{a}	44.83^{b}	9.17^{a}	5.39	4.44	4.64^{b}	41.10	46.46
เดือนที่ 4	16.96	6.35	2.38	7.47^{a}	34.18	75.29^{a}	52.42^{a}	9.57^{a}	5.36	4.40	5.10^{a}	41.03	46.48
SEM	0.19	0.34	0.30	0.19	1.08	4.12	8.86	0.54	0.16	0.25	0.25	0.36	0.54
Pr>F	0.0579	0.4238	0.1508	0.0180	0.1631	0.0001	0.0001	0.0001	0.2724	0.2872	0.0001	0.9578	0.8899
%CV	16.10	3.80	6.73	5.68	2.26	3.23	8.94	10.39	4.10	6.69	7.71	1.25	1.66

บทที่ 8

การศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมัก

8.1 คำนำ

การเลี้ยงโคนมในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตและขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยได้รับการส่งเสริมและพัฒนาอย่างจริงจัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา อีกทั้งรัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของการดื่มนมโค และได้ตั้งเป้าหมายในโครงการรณรงค์เพื่อเพิ่มการบริโภคนมของคนไทยให้สูงขึ้นทุกๆ ปี อีกด้านหนึ่งคือ เพื่อให้ได้ปริมาณนมที่เพียงพอกับความต้องการในการบริโภคของคนในประเทศ และจะได้ไม่ต้องสั่งนมและผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศเข้ามา ซึ่งเป็นการเสียดุลการค้าอีกด้วย โดยในช่วงฤดูแล้งของประเทศไทยนั้นมักจะประสบปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบอยู่เป็นประจำ จึงส่งผลทำให้ปริมาณน้ำนมโคไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งต้นอ้อยถือได้ว่าเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นถ้าหากสามารถนำต้นอ้อยมาใช้เป็นอาหารหยาบได้ในช่วงฤดูแล้ง ก็จะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบและช่วงเพิ่มปริมาณน้ำนมโคได้อีกทางหนึ่งด้วย ในการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นไปเพื่อศึกษาถึงผลของการให้ผลผลิตของน้ำนม และคุณภาพของน้ำนมของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Friesian crossbred) ที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก

8.2 วัตถุประสงค์

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

8.3 อุปกรณ์และวิธีการ

8.3.1 ศึกษาผลของการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมักเลี้ยงโครีดนม

8.3.1.1 ในการทดลองนี้จัดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โคนมได้รับหญ้าหมัก ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 8 ตัว

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

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

8.3.1.2 การจัดสัตว์ทดลอง

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

ตารางที่ 8.1 แสดงคุณสมบัติของโคในแต่ละกลุ่ม

เกณฑ์ที่ใช้ในการจัดกลุ่มโค	กลุ่มการทดลองที่		
	1	2	3
ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อวัน)	15.34±2.18	15.44±2.11	15.30±5.31
ระยะให้นมเฉลี่ย	2.00±1.07	1.75±1.04	1.88±0.99
ระยะเวลาการให้นมเฉลี่ย (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

8.3.1.3 การจัดการอาหารสัตว์ทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการหมักต้นอ้อยอายุ 6 เดือน โดยการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือนที่หั่นแล้ว บรรจุลงในบ่อหมัก จำนวน 2 บ่อ แล้วทำการไล่อากาศออกโดยใช้คนย่ำ เมื่อบรรจุต้นอ้อยอายุ 6 เดือน จนเต็มบ่อหมักมีลักษณะพูนขึ้นเป็นหลังเต่าแล้ว จะทำการปิดบ่อโดยคลุมบ่อหมักด้วยพลาสติก Polyethelene อย่างมิดชิด ไม่ให้มีการถ่ายเทอากาศ หลังจากคลุมบ่อด้วยพลาสติก Polyethelene แล้ว จะใช้ยางรถยนต์เสื่อมคุณภาพวางทับ และใช้เวลาในการหมัก 2 สัปดาห์ ในการจ่ายอาหารให้แก่โคนมจะจ่ายเป็นรายตัว โดยจะจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบ ซึ่งอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง คืออาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน 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 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จะให้เฉลี่ยตัวละ 7.5 กิโลกรัมต่อวัน และในส่วนของอาหารหยาบจะให้แบบไม่จำกัด (*ad libitum*)

8.3.1.4 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

เมื่อทำการคัดเลือกโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองแล้ว ทำการให้อาหารและใช้ระยะเวลาในการปรับตัวสัตว์ทดลองประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับสภาพคอกทดลองและอาหาร ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยมีการบันทึก

8.3.1.4.1 ข้อมูลน้ำนม

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

8.3.1.4.2 การกินได้

ทำการวัดการกินได้ทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน ติดต่อกันตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บอาหารก่อนกินและหลังกิน 10 เปอร์เซ็นต์ จากโคนมรายตัว แล้วนำมาอบที่ 60 ^{o}C นาน 36 h เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง (AOAC, 1990) เมื่อครบตามระยะเวลาก็นำตัวอย่างที่เก็บไว้ในแต่ละสัปดาห์มารวมกัน และทำการสุ่มตัวอย่างอาหารอีกครั้ง ให้ได้ตัวอย่างอาหารในแต่ละกลุ่มการทดลอง ซึ่งก็คือ หญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ก่อนกินและหลังกินของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองเป็นรายตัว เพื่อนำไปบดและวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะในอาหารต่อไป

8.3.1.4.3 การวัดน้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวโคนมรายตัวก่อนและหลังการทดลอง

8.3.1.4.4 ศึกษาการย่อยสลายได้ใน Rumen โดยใช้ถุงไนล่อนแช่ใน Rumen ของโคเจาะกระเพาะ (Ørskov et al., 1980) เช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1.4

8.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (CRD) และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

8.5 ผลการทดลอง

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

การจำแนกพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ดังตารางที่ 8.2 พบว่าหญ้าหมัก, ต้นอ้อย

อายุ 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)

8.5.2 การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก , ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 8.3 พบว่า การกินได้โดยอิสระของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน มีค่าเท่ากับ 5.97, 5.90, 5.55 และ 7.14 kgDM/ตัว/วัน ตามลำดับ และในส่วนของการกินได้โปรตีน มีค่าเท่ากับ 389, 384, 204 และ 1220 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และการกินได้พลังงานสุทธิมีค่าเท่ากับ 7.28, 6.93, 6.27 และ 11.12 Mcal/kgDM ตามลำดับ

8.5.3 ปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 8.4 จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณน้ำนม (12.47, 12.33 และ 12.26 กิโลกรัม/วัน), ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (11.85, 10.98 และ 12.61 กิโลกรัม/วัน), ปริมาณไขมันนม (462, 455 และ 427กรัม/วัน), ปริมาณโปรตีนนม (308, 334 และ 257 กรัม/วัน), ปริมาณแล็กโทส (570, 568 และ 526 กรัม/วัน), ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (994, 989 และ 977 กรัม/วัน) และ ปริมาณของแข็งรวมในนม (1456, 1444 และ 1404 กรัม/วัน) ที่ศึกษา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3

8.5.4 เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 8.5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ไขมันนม (3.70, 3.69 และ 3.49 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์โปรตีน (2.47, 2.55, 2.39 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์แล็กโทส (4.57, 4.47 และ 4.51 เปอร์เซ็นต์), เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน (7.93, 7.92 และ 8.11) และ

เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนม (11.63, 11.61 และ 11.59 เปอร์เซ็นต์) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และ กลุ่มการทดลองที่ 3

8.5.5 น้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงไว้ในตารางที่ 8.6 พบว่า น้ำหนักตัวก่อนการทดลอง (423.75, 430.63 และ 443.00 กิโลกรัม) น้ำหนักตัวหลังการทดลอง (414.63, 430.13, 441.63 กิโลกรัม) และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (-217.14, -11.90 และ -32.74 กรัม/วัน) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และ กลุ่มการทดลองที่ 3

8.5.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน แสดงในตารางที่ 8.7 โดยที่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีน โดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} (1213, 1164 และ 1074 กรัม/วัน) และ RUP_{sup} (384, 421, 357 กรัม/วัน) ที่ศึกษามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่า RDP_{sup} ที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับและ RUP_{sup} ที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และกลุ่มการทดลองที่ 3

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 8.8 พบว่า การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_{Lp} intake) ที่ได้จาก 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) การกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (18.40 Mcal/kgDM) สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (18.08 Mcal/kgDM) และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 (17.39 Mcal/kgDM) ตามลำดับ โดยการกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 แต่ในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (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)

ความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายใน Rumen (RUP_{req}) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 8.9 พบว่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (1213 กรัม/วัน), โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (1164 กรัม/วัน) และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 (1074 กรัม/วัน) ได้รับ RDP_{sup} ขาดเท่ากับ 81, 105 และ 144 กรัม/วัน ตามลำดับ และในส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RUP_{sup}) พบว่า โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{sup} เท่ากับ 384, 421 และ 357 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{sup} เกินเท่ากับ 176, 46 และ 15 กรัม/วัน ตามลำดับ

8.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

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

จากการจำแนกประเภทของพลังงานโดยใช้การคำนวณตามสมการ NRC (2001) ของอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 8.2 ซึ่งก็คือ หญ้าหมัก, 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

8.6.2 การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบ และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีนแสดงไว้ดังตารางที่ 8.3 ซึ่งประกอบไปด้วย การกินได้วัตถุแห้ง การกินได้โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิ ในส่วนของอาหารหยาบจะเห็นได้ว่า การกินได้วัตถุแห้ง การกินได้โปรตีน และการกินได้

พลังงานสุทธิ ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมักจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และโคนมที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ตามลำดับ ซึ่ง Tamminga (1979) รายงานว่า การกินได้ของโคนมนั้นจะขึ้นอยู่กับการย่อยสลายได้ของอาหารภายใน Rumen ซึ่งพบว่าอาหารที่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumen สูงจะส่งผลต่ออัตราการกินได้ที่สูงตามไปด้วย และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบที่มีค่าอัตราการย่อยสลายสูงสุด (Effective degradability of DM = 51.3%) ซึ่งสูงกว่าต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก (Effective degradability of DM = 40.9%) และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน (Effective degradability of DM = 27.9%) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้การกินได้ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับ

นอกจากนี้โปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP) และโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumen (UDP) ก็มีผลต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งพบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumenสูงกว่าจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้น้อยใน Rumen Claypool et al. (1980) พบว่าสาเหตุที่โปรตีนไปมีผลต่อปริมาณการกินได้เป็นเพราะว่า โคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ใน Rumenได้รับไนโตรเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น เมื่อการย่อยได้สูงขึ้นการไหลผ่านของอาหารจาก Rumen ก็เพิ่มสูงขึ้น ทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น ส่วนโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumen จะมีผลต่อสมดุลกรดอะมิโนในสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมกลไกการควบคุมการกินได้ (Egan and Moir, 1965) ถ้ากรดอะมิโนไม่สมดุลจะไปมีผลต่อวิถี Metabolite ในสัตว์ จะไปลดการใช้ประโยชน์ของสารตั้งต้น เนื่องจากการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในวิถี Metabolite ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารในวัฏจักร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเคโมรีเซพเตอร์ ไปมีผลต่อสมองที่ควบคุมการกินได้ของสัตว์ (Forbes, 1986) Egan and Moir (1965) ได้ทดลองฉีดเคซีนในลำไส้เล็กส่วนต้นของแกะ พบว่าเพิ่มการกินได้ และทดลองฉีดเคซีนในกระเพาะ Rumen ซึ่งเพิ่มการกินได้น้อยแต่การย่อยสลายได้ใน Rumen สูงขึ้น และจะเห็นได้ว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ใน Rumen สูงที่สุด (1225 กรัม/วัน) รองลงมาคือ โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 (1183 กรัม/วัน) และกลุ่มการทดลองที่ 3 (1068 กรัม/วัน) ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลทำให้การกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ สูงกว่าโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบตามลำดับ

ในส่วนของการกินได้โปรตีนจะเห็นได้ว่าโคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบจะมีการกินได้โปรตีนสูงกว่าโคนมที่ได้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนเป็นแหล่งของอาหารหยาบตามลำดับ

ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ของวัตถุแห้ง (Suksombat, 1996) นอกจากนั้นยังพบว่า ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน (3.68 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) นั้นมีองค์ประกอบของโปรตีนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าหญ้าหมัก (6.52 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก (6.50 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) มาก จึงส่งผลทำให้การกินได้โปรตีนต่ำตามไปด้วย และในส่วนของการกินได้พลังงานสุทธิจะเห็นได้ว่า โคนมที่ได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบมีการกินได้พลังงานสุทธิสูงที่สุด รองลงมาคือโคนมที่ได้ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ และโคนมที่ได้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 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

8.6.3 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 ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้นจะเกิดการย่อยสลายพลังงานใน Rumen มากขึ้น ทำให้สามารถผลิตกรดไขมันได้มากขึ้น และส่งผลให้การผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น Suksombat (2000) ทำการทดลองอาหารหยาบผสม 3 สูตร เปรียบเทียบกับหญ้าสด พบว่าในอาหารหยาบผสมสูตรที่ 3 ที่มีชานอ้อยเป็นแหล่งของอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวมีปริมาณน้ำนมลดลง ทั้งนี้เพราะชานอ้อยมีการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมักที่เป็นอาหารหยาบของกลุ่มการทดลองที่ 1

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม แสดงไว้ดังตารางที่ 8.4 พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณของโปรตีน, ไขมัน, แล็กโทส, ของแข็งพร่องไขมัน และของแข็งรวมในน้ำนม ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 (308, 462, 570, 997 และ 1456 กรัม/ตัว/วัน) และกลุ่มการทดลองที่ 2 (334, 455, 568, 989 และ 1444 กรัม/ตัว/วัน)จะใกล้เคียงกันและสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 3 (257, 427, 526, 977 และ 1404 กรัม/ตัว/วัน) ซึ่งการหาปริมาณองค์ประกอบในน้ำนมได้มาจาก เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมคูณกับปริมาณน้ำนม จึงส่งผลให้ปริมาณ

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3

8.6.4 การได้รับโปรตีนจากอาหาร โปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยลลายได้ใน Rumen (RUP_{sup})

จากผลการทดลองที่แสดงไว้ดังตารางที่ 8.7 การได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยลลายได้ใน Rumen (RUP_{sup}) จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกินได้ของโคนมในแต่ละกลุ่มการทดลอง จึงส่งผลทำให้การได้รับ RDP_{sup} และ RUP_{sup} ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 สูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับ

การได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RUP_{sup}) คำนวณจากสมการ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 8.9 พบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1, กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RDP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่ได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ใน Rumen (RUP_{sup}) เพียงพอต่อความต้องการ ทั้งนี้อาจจะแก้ไขได้โดยเสริมยูเรียเข้าไปในอาหาร เนื่องจากยูเรียจะมีค่า Effective protein degradability (dgCP) สูง ก็จะส่งผลทำให้โปรตีนที่ย่อยสลายได้ในRumen (RDP_{sup}) เพิ่มสูงขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการเสริมยูเรียเข้าไปในอาหารควรเสริมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากอาจจะเกิดความเป็นพิษของยูเรียได้ (วิศิษฐิพร, 2542)

8.6.5 การจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ

การกินได้ของพลังงานสุทธิ แสดงไว้ดังตารางที่ 8.8 ซึ่งการกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และ กลุ่มการทดลองที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการกินได้พลังงานสุทธิที่ได้จากกลุ่มการทดลองที่ 1 กลุ่มการทดลองที่ 2 และกลุ่มการทดลองที่ 3 จะมีค่าเท่ากับ 18.40, 18.05 และ 17.39 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งก็เป็นผลมาจากกินได้วัตถุแห้ง 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 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองนั้นสูญเสียไปเท่ากับ 0.17, 0.12 และ 0.10 ตามลำดับ ซึ่งพลังงานที่สูญเสียไปนั้นจะสูญเสียไปในรูปของมูล ปัสสาวะ แก๊สจากการหมักย่อย และความร้อนนั่นเอง

8.7 สรุปผลการทดลอง

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมที่ได้จากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยที่ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และกลุ่มการทดลองที่ 2 จะมีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 และในส่วนของ RDP_{sup}, RUP_{sup}, การกินได้วัตถุแห้ง, การกินได้โปรตีน และการกินได้พลังงานสุทธิของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่ง RDP_{sup} และ RUP_{sup} ที่ได้จากโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 จะสูงกว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามโคนมทั้ง 3 กลุ่ม ก็ได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเช่นเดียวกัน

ซึ่งจะเห็นได้ว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 นั้นให้ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบในน้ำนม การกินได้วัตถุแห้ง การกินได้โปรตีนใกล้เคียงกัน ดังนั้นต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้ แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า โคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ด้วยเหตุนี้อาจทำการเสริมยูเรีย เพื่อที่จะเพิ่มปริมาณ RDP_{sup} ให้เพียงพอต่อความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามการเสริมยูเรียเข้าไปในปริมาณมากอาจส่งทำให้เกิดพิษจากยูเรียได้ ดังนั้นหากจะนำมาใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง นอกจากเสริมยูเรียในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว ก็อาจทำร่วมกับการเสริมอาหารหยาบชนิดอื่น ๆ เพิ่มเข้ามาด้วย เพื่อให้โคนมได้รับ RDP_{sup} เพียงพอต่อความต้องการ

ตารางที่ 8.2 แสดงการจำแนกประเภทของพลังงานโดยการคำนวณจากสมการของ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)

	หญ้าหมัก	ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก	ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน	อาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน
พลังงาน TDN (%TDN) /1	57.16±0.36	55.21±0.86	52.67±0.31	70.63±0.96
พลังงานย่อยได้ DE (DE_p) Mcal/kgDM /2	2.44±0.02	2.37±0.01	2.31±0.02	2.89±0.06
พลังงานใช้ประโยชน์ ME (ME_p) Mcal/kgDM /3	2.01±0.02	1.94±0.01	1.88±0.03	2.48±0.02
พลังงานสุทธิ NE (NE_{Lp}) Mcal/kgDM /4	1.22±0.02	1.17±0.03	1.13±0.01	1.56±0.05

หมายเหตุ

/1 TDN_{1X}(%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF – 7

/2 DE_p(Mcal/kg) = DE_{1X} x Discount ,

DE_{1X}(Mcal/kg) = (tdNFC/100) x 4.2 + (tdNDF/100) x 4.2 + (tdCP/100) x 5.6 + (FA/100) x 9.4 – 0.3 ,

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

/3 ME_p(Mcal/kg) = $[1.01 \times (DE_p) - 0.45] + 0.0046 \times (EE - 3)$ (กรณี EE > 3),

ME_p(Mcal/kg) = 1.01 x DE (Mcal/kg) – 0.45 (กรณีEE < 3)

/4 NE_p(Mcal/kg) = $0.703 \times ME_p - 0.19 + ([0.0097 \times ME_p + 0.19)/97] \times [EE - 3]$ (กรณี EE > 3),

NE_p(Mcal/kg) = $[0.703 \times ME_p(Mcal/kg)] - 0.19$ (กรณี EE < 3)

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.3 แสดงผลการกินได้ของโคนมที่ได้รับหญ้าหมัก, ต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, และอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (Mean±SD)

การกินได้ของโภชนะ	**หญ้าหมัก**	**ต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก**	**ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน**	**อาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน**
การกินได้ (กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน)	5.97±0.77	5.90±0.61	5.55±1.84	7.14±0.08
การกินได้โปรตีน (กรัม/ตัว/วัน)	389±50	384±40	204±68	1220±28
การกินได้พลังงานสุทธิ (Mcal/ตัว/วัน)	7.28±0.10	6.93±0.19	6.27±0.07	11.12±0.32

หมายเหตุ ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.4 แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	กลุ่มการทดลองที่ 3[3/]	SEM	Pr>T	%CV
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	12.47	12.33	12.26	1.22	0.9770	16.20
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัม/วัน)	11.85	10.98	12.61	1.03	0.7519	15.23
ปริมาณไขมัน (กรัม/วัน)	462	455	427	37.83	0.6753	17.25
ปริมาณโปรตีน (กรัม/วัน)	308	334	257	26.45	0.7235	15.74
ปริมาณแล็กโทส (กรัม/วัน)	570	568	526	44.26	0.8938	18.06
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน (กรัม/วัน)	994	989	977	89.25	0.7328	15.59
ปริมาณของแข็งรวมในนม (กรัม/วัน)	1456	1444	1404	122.72	0.8141	15.11

หมายเหตุ 1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.5 แสดงผลเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	กลุ่มการทดลองที่ 3[3/]	SEM	Pr>T	%CV
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.70	3.69	3.49	0.27	0.6670	14.80
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	2.47	2.55	2.39	0.14	0.3190	9.68
เปอร์เซ็นต์แล็กโทส	4.57	4.47	4.51	0.11	0.5936	4.27
เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน	7.93	7.92	8.11	0.26	0.4822	4.27
เปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในนม	11.63	11.61	11.59	0.24	0.9948	6.72

ตารางที่ 8.6 แสดงผลน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

	กลุ่มการทดลองที่ 1[1/]	กลุ่มการทดลองที่ 2[2/]	กลุ่มการทดลองที่ 3[3/]	SEM	Pr>T	%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	-11.90	-32.74	8.43	0.9620	59.63

หมายเหตุ 1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.7 แสดงการได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 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/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือน หลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

4/ RDP_{sup} = Total DMFed x 1000 x Diet CP x CP_RDP

5/ RUP_{sup} = CPTotal - RDP_{sup}

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.8 แสดงการจำแนกพลังงานเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ (Mcal/วัน)

	กลุ่มการทดลองที่ 1/1	กลุ่มการทดลองที่ 2/2	กลุ่มการทดลองที่ 3/3	SEM	Pr<F	%CV
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_{Lp} intake) (Mcal/kgDM)	18.40[a]	18.08[b]	17.39[c]	0.18	0.0001	1.11
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) (Mcal/kgDM)/4	7.47	7.56	7.72	0.32	0.6248	6.85
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) (Mcal/kgDM)/5	-0.54	-0.03	-0.08	0.49	0.9618	59.46
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) (Mcal/kgDM)/6	8.37	8.31	7.93	0.74	0.7590	14.80
พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) (Mcal/kgDM)/7	15.30	15.84	15.57	0.88	0.8591	9.29
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน/8	0.83	0.88	0.90	0.05	0.3462	9.47

หมายเหตุ

1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

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

5/ NE_{LG}(Mcal/kg) = Reserve Energy x (0.65/0.75)

6/ NE_{LL}(Mcal/kg Milk) = kg milk/d x [(0.0929 xFat%) + (0.0547 x Crude Protein%) + 0.192]

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

8/ ความต้องการพลังงานสุทธิ/พลังงานสุทธิที่กินได้

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

ตารางที่ 8.9 แสดงความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP) (กรัม/ตัว/วัน) ของโคนมที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก, ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน, หญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

	กลุ่มการทดลองที่ 1/1	กลุ่มการทดลองที่ 2/2	กลุ่มการทดลองที่ 3/3	SEM	Pr<F	%CV
ความต้องการ RDP (RDP_{req})/4	1293	1239	1218	60.46	0.3168	7.83
RDP จากอาหาร (RDP_{sup})/5	1213[a]	1164[b]	1074[c]	16.18	0.0001	2.30
ขาด/เกิน	-81[a]	-105[a]	-144[b]	48.70	0.0047	74.06
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน (MPbact)/6	703	691	663	32.89	0.3168	7.83
ความต้องการ RUP (RUP_{req})/9	208[b]	375[a]	342[a]	92.45	0.6294	62.71
RUP จากอาหาร (RUP_{sup})/10	384[b]	421[a]	357[b]	19.87	0.0029	8.38
ขาด/เกิน	176[a]	46[b]	15[b]	95.04	0.0001	50.39

หมายเหตุ 1/ โคนมได้รับหญ้าหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

2/ โคนมได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

3/ โคนมได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เป็นแหล่งของอาหารหยาบร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน

4/ RDP_{req} = 0.15294 x TDN_{Act} Total 5/ RDP_{sup} = Total DMFed x 1000 x Diet CP x CP_RDP

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

8/ CP_{sup} = Total DMFed x 1000 x Diet CP 9/ RUP_{req} = MP_{RUP}/0.53 10/ RUP_{sup} = CPTotal - RDP_{sup}

ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

บทที่ 9

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

9.1 คำนำ

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

9.2 วัตถุประสงค์

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

9.3 อุปกรณ์และวิธีการ

9.3.1 ศึกษาผลของการนำต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก และต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เปรียบเทียบกับหญ้าหมักเลี้ยงโคเจาะกระเพาะ

9.3.1.1 ในการทดลองนี้จัดการทดลองออกเป็นทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มการทดลองที่ 1 โคเจาะกระเพาะได้รับหญ้าหมักร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 6 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 2 โคเจาะกระเพาะได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีน จำนวน 6 ตัว

กลุ่มการทดลองที่ 3 โคเจาะกระเพาะได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน ร่วมกับอาหารข้น 17 เปอร์เซ็นต์โปรตีนจำนวน 6 ตัว

9.3.1.2 การจัดอาหารสัตว์ทดลอง

จะให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลองโดยจะให้แบบไม่จำกัด (*ad libitum*)

9.3.1.3 การจัดการสัตว์ทดลอง

โคนมที่ใช้ในการทดลองเป็นโคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (Holstein Friesian crossbred) โดยทำการเจาะกระเพาะเพื่อเก็บของเหลวใน Rumen (Rumen fluid) โดยในการทดลองจะใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 6 ตัว ให้ได้รับอาหารในทุกกลุ่มการทดลอง โดยเริ่มจากการให้

อาหารตามกลุ่มการทดลองที่ 1, การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ตามลำดับ โดยเว้นระยะในการปรับตัวเป็นเวลา 10 วัน

9.3.2 วิธีการทดลองและการเก็บข้อมูล

9.3.2.1 การวิเคราะห์ของเหลวใน Rumen (Rumen fluid)

9.3.2.1.1 การเก็บตัวอย่างของเหลวใน Rumen (Collection of rumen fluid samples)

การเก็บตัวอย่างของเหลวใน Rumen โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างสุ่มดูดเอาของเหลวใน Rumen ออกมาประมาณ 100-150 ml/ตัว โดยจะเก็บชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 3, 5 และ 7 ตัวอย่างของเหลวในกระเพาะที่เก็บได้ต้องรีบเก็บรักษาในสภาวะและใช้วิธีการที่เหมาะสมสำหรับนำไปวิเคราะห์ผลทางเคมีต่าง ๆ จากนั้นนำเข้าตู้แช่แข็ง เพื่อรอการวิเคราะห์กรดไขมันระเหยได้

9.3.2.1.2 การวัดระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH)

สำหรับการวัดระดับความเป็นกรดด่างจะดำเนินการทันทีเก็บตัวอย่างในแต่ละชั่วโมง โดยการใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง (pH-meter) อย่างไรก็ตามก่อนการวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เครื่องวัดจะต้องได้รับการปรับด้วยการใช้ บัฟเฟอร์ ที่ pH 7.0 และ pH 4.0 เสียก่อน

9.3.2.1.3 การเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์หา Volatile fatty acids (VFA_S)

ใช้หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย Protein precipitant (Meatphosphoric acid/Formic acid 18.75 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก/ปริมาตร) ต่อ 25 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) ปริมาตร 1 ml การเก็บตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง ต้องทำ 2 ซ้ำ ซ้ำที่หนึ่งเติม Internal standard (Isocaproic acid 0.52 เปอร์เซ็นต์ (ปริมาตร/ปริมาตร)) ปริมาตร 1 ml พร้อมด้วยของเหลวใน Rumen ปริมาตร 5 ml (Control sample) นำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 1895 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เทเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส ๆ (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 ml ปิดด้วยฝาจุกเกลียว เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –20 °C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ด้วยเครื่อง High performance liquid chomatographic (HPLC) (Pecina et al., 1984)

9.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวางแผนการทดลองแบบ Latin square design (Steel and Torries, 1980) และวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

9.5 ผลการทดลอง

9.5.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

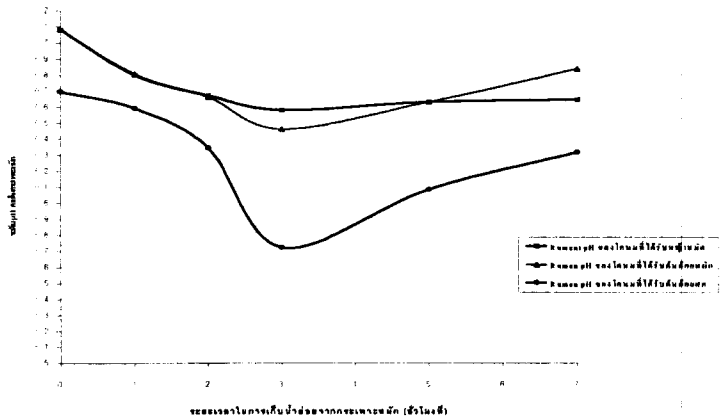
ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 และกราฟที่ 7.1 พบว่า เมื่อโคกินอาหารตามกลุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่ม จะมีระดับ pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen ลดลงตามhที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงชั่วโมงที่ 5 ระดับ pH ภายใน Rumen จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ในชั่วโมงที่ 0, 1, 2, 5 และ 7 นั้นระดับของค่า pH ภายใน Rumen ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในชั่วโมงที่ 3 ซึ่งเป็นชั่วโมง ที่มีระดับของค่า pH ภายใน Rumen ต่ำสุดนั้น พบว่าระดับของค่า pH ภายใน Rumen มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่าระดับของค่า pH ที่วัดได้จากโคในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ กลุ่มการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 9.1 แสดงระดับความเป็นกรดด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

วัตถุดิบ	ระดับ pH ภายใน Rumen					
	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 ด.	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 ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

กราฟที่ 9.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับความเป็นกรดด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง



9.5.2 ปริมาณ Volatile fatty acids (VFA_S) ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

ปริมาณ VFA_S ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 9.2 ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate จะเห็นได้ว่า ปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen ของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลองนั้น มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย พบว่าปริมาณของ Acetate, Propionate และอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ที่วัดได้จากโคในกลุ่มการทดลองที่ 1 และ กลุ่มการทดลองที่ 2 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะแตกต่างจากกลุ่มการทดลองที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 9.2 แสดงปริมาณ VFA_S ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะ

วัตถุดิบ	ปริมาณ VFA_S		
	Acetate (mmol/L)	Propionate (mmol/L)	Acetate/Propionate
หญ้าหมัก	67.89[a]	24.81[b]	2.74[a]
ต้นอ้อยอายุ 6 ด. หมัก	69.57[a]	25.77[b]	2.70[a]
ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 ด.	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 ต้นอ้อยที่ใช้ในการทดลองคือพันธุ์มากอสที่อายุ 6 เดือน และ 10-12 เดือน และหญ้าพันธุ์กินนีสีม่วง อายุไม่เกิน 50 วัน

9.6 วิจารณ์ผลการทดลอง

9.6.1 ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH) ภายใน Rumen ตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 7.1 และกราฟที่ 7.1 พบว่า เมื่อโคกินอาหารตามกลุ่มการทดลองในแต่ละกลุ่ม จะมีระดับ pH ภายในRumen ลดลงตามhที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อถึงhที่ 5 ระดับ pH ภายใน Rumen จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen สามารถที่จะบ่งบอกถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ได้ โดยพบว่า เมื่อระดับของค่า pH ภายใน Rumen ลดต่ำกว่า 5.9 จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis (Seal and Parker, 1994; Hurley, 1998; Garrett et al., 1999 และ The Pennsylvania State University, 2001) และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen ในช่วงที่ต่ำที่สุดของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง คือ pH ซึ่งวัดได้จากhที่ 3 ซึ่งพบว่ามีเพียงโคในกลุ่มการทดลองที่ 3 ที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เท่านั้น ที่มีระดับของค่า pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen มีค่าต่ำกว่า 5.9 จึงส่งผลทำให้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดโรค Rumen acidosis ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือนนั้นมีระดับของน้ำตาลในปริมาณที่สูง ซึ่งโรค Rumen acidosis เป็นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบ Metabolism ของร่างกาย โดยสามารถแบ่งลักษณะอาการออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกัน คือ Acute rumen acidosis จะส่งผลทำให้อัตราการเต้นของหัวใจต่ำ เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ไม่กินอาหาร และอาจจะทำให้โคนมตายได้ในทันที และ Subacute rumen acidosis นั้นจะแสดงอาการแบบค่อยเป็นค่อยไป นอกจากนั้นยังส่งทำให้เกิดโรคอื่น 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 ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายในRumenต่ำกว่า 5.0 จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Acute rumen acidosis แต่ถ้าหากระดับ pH ที่วัดได้จากน้ำย่อยภายใน Rumen อยู่ในช่วง 5.0-5.8 จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Subacute rumen acidosis ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 ซึ่งได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้นมีระดับของค่า pH ภายใน Rumen เท่ากับ 5.72 จึงส่งผลทำให้โคในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีความเป็นไปได้ที่จะเกิดโรค Rumen acidosis ในลักษณะ Subacute rumen acidosis แต่อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการทดลองทำในช่วงระยะเวลาที่สั้น จึงไม่สามารถที่จะสังเกตเห็นอาการข้างเคียงที่จะเกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากใช้ต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือน เลี้ยงโคนมในระยะเวลานานก็อาจจะแสดงผลที่แตกต่างออกไป ดังนั้นเกษตรกรที่ต้องการนำต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมาเลี้ยงโคนม ควรป้องกันโอกาสที่จะเกิดโรค Rumen acidosis ซึ่งสามารถทำได้โดยการเสริม $NaHCO_3^-$ (Zinn, 1991) เพื่อป้องกันการเกิดโรคไว้ก่อน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณในการเสริม $NaHCO_3^-$ ก็ควรที่จะศึกษาต่อไปว่าควรเสริมในปริมาณเท่าไรจึงจะเหมาะสม

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

ปริมาณ VFA_s ของ Rumen fluid ภายหลังจากการให้อาหารโคเจาะกระเพาะตามกลุ่มการทดลอง แสดงไว้ดังตารางที่ 9.2 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 ที่วัดได้ภายใน Rumen ซึ่ง Garrett et al. (1999) พบว่า เมื่อระดับของค่า pH ภายใน Rumen ลดต่ำกว่า 5.9 ก็จะส่งผลทำให้อัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ลดต่ำกว่า 2.2:1 ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากว่าเมื่อระดับของค่า pH ภายในกระเพาะ Rumen ลดลง ก็จะส่งผลทำให้การผลิต Acetate และ Propionate เปลี่ยนแปลงไป โดยจะผลิต propionate เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (Hutjen, 1996)

9.7 สรุปผลการทดลอง

การเกิดโรค Rumen acidosis นั้น จะเกิดขึ้นกับโคนมที่ได้รับอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลในปริมาณที่มากเกินความต้องการ ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้โคตายได้ในทันที หรือทำให้โคเกิดโรคอื่น ๆ แทรกซ้อนตามมา เช่น โรคท้องอืด (Bloat), โรคกีบเน่า (Laminitis) เป็นต้น ซึ่งลักษณะอาการที่เกิดขึ้นนั้น ก็จะขึ้นอยู่กับระดับของ pH ภายใน Rumen ร่วมกับอัตราส่วนระหว่าง Acetate:Propionate ซึ่งจะเห็นได้ว่า โคในกลุ่มที่ได้รับต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมัก จะไม่ส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis เช่นเดียวกับโคที่ได้รับหญ้าหมักซึ่งใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากต้นอ้อยอายุ 6 เดือนหลังผ่านกรรมวิธีในการหมักยังมีระดับของน้ำตาลในปริมาณที่ไม่มากนัก จึงถือได้ว่ามีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งของอาหารหยาบในช่วงฤดูแล้งได้ แต่ในส่วนของโคที่ได้รับต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนนั้น จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ได้ ดังนั้นถ้าหากจะนำต้นอ้อยตัดสดอายุ 10-12 เดือนมาใช้ในการเลี้ยงโคนม ก็จำเป็นที่จะต้องมีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ภายใน Rumen ให้มีความสมดุล ซึ่งก็สามารถที่จะแก้ไขได้โดยการเสริม $NaHCO_3^-$ เข้าไปในอาหาร เพื่อที่จะทำหน้าที่ในการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายใน Rumen ให้เข้าสู่สภาวะที่สมดุลก่อนนำมาใช้เลี้ยงโคนม

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2546. ปริมาณโคนมในประเทศ. URL. http://www.dld.go.th.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. อ้อย. URL. http://www.doa.go.th/database/fcrop/f77.htm

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2539. การปลูกอ้อย. กรุงเทพฯ: กรม.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2545. อ้อยและน้ำตาล. URL. http://www.doae.go.th

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

เฉลิมพล แซมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. เชียงใหม่: โอเดียนสโตร์.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพาณิชย์.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี. 2541. ผลของระดับโปรตีนและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อกระบวนการหมัก ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541ข. โภชนศาสตร์สัตว์: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 หน้า.

ประภาพร ตั้งธนธานิช. 2538. สรีรวิทยาระบบกระเพาะอาหารและลำไส้: คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

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

พรชัย ล้อวิลัย, บุญฤา วิไลพล และยงยศ ไทรงาม. 2540. การศึกษาอิทธิพลของความยาวของชิ้นหญ้าหมัก. รายงานการวิจัย. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

พานิช ทินนิมิตร. 2535. โภชนาศาสตร์สัตว์ประยุกต์. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. 2544. การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปหมัก สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพลิน เมินกระโทก. 2546. การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม. วิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

มนัส หงษ์พฤกษ์. 2539. ชดเชยอาหารหยาบด้วยอ้อย. ว.โคนม : 35-38.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตรสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2540ก. "โคนมกับวิกฤติการณ์อาหารโคนม: ปัญหาและแนวทางแก้ไข" วารสารโคนม. 16, 2 (มี.ค.-เม.ย.): 6-8.

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

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

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม. นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2539. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม. นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วีรพล พูนพิพัฒน์, ไกรลาศ เขียวทอง และกานดา นาคมณี. 2541. ระยะเวลาการเก็บรักษาที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพหญ้าเนเปียร์หมักในถุงพลาสติก. รายงานการวิจัยประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศูนย์เกษตรอ้อยภาคกลาง. 2537. พันธุ์อ้อยในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: อักษรสยาม.

ศูนย์สถิติการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2538. รายงานการสำรวจอ้อยโรงงาน รายอำเภอ ปีเพาะปลูก 2537/38 เอกสารเลขที่ 8/2539 พฤศจิกายน 2538.

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

สถาบันพัฒนาฝีกอบรมและงานวิจัยโคนมแห่งชาติ. 2545. งานวิจัยพืชอาหารสัตว์กับการพัฒนาโคนมไทย. URL. http://www.geocities.com/andld/exhibision/article/Pro19.htm.

สายชิม แสงโชติ, ทิพา บุญยะวิโรจ และนวลฉวี กาญจนพิบูลย์. 2536. คุณค่าทางโภชนะของยอดอ้อยหมักผสมใบกระถินในอัตราต่าง ๆ กัน. รายงานการวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สารกิจ ถวิลประวัติ. 2546. นโยบายน้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภคและการรองรับการค้าเสรี. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม พ.ศ. 2546. ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2537. พันธุ์อ้อยในประเทศไทย. อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. 86 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2541. "สถานการณ์การผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายของไทยและของโลก". วารสารน้ำตาล. 34(4): 1-7

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

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2545. กำหนดนมโคเป็นอาหารเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต. ประกาศกระทรวงสารธารณสุข ฉบับที่ 265. กรุงเทพฯ: กระทรวงสารธารณสุข.

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

สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์. 2542. พืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โสภณ สินธุประมา. 2537. เอกสารวิชาการ การปลูกพืชไร่. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ศรันยา วิทยานุภาพยืนยง, จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ และอิสระ กรีธาพล. 2536. การศึกษาคุณค่าอาหารและอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด. รายงานการวิจัยประจำปี 2535. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Agricultural Research Council. 1980. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press: Surrey.

Agricultural Research Council. 1984. The Nutrient Requirement of Ruminant Livestock. (Supplement) Commonwealth Agricultural Bureaux. The Gresham Press: surrey.

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.

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

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

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

Alvarez, F. J., A. Wilson and T. R. Preston. 1978. Leucaena leucocephala as protein supplement for dual purpose milk and weaned calf production on sugarcane-based diets: comparisons with rice polishing. Tropical Animal Production. 12:35-42.

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

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. Washingtion D.C. p. 1298.

Bolsen, K., G. Ashbell And J.M. Wilkinson. 1995. Silage additive. In biotecnology in animal feeds and animal feeding. By Wallee, R.J. adn Chesson, A. Weingeim:VCH, Verlagsgesellchaft mbH.

Beauchemin, K.A. 2000. Managing rumen fermentation in barley-based diets:balance between high production and acidosis. Available: URL. Http://www.afns. ualberta.ca/hosted/wcds/

Canale, A., M.E. Valente and A. Ciotti. 1984. Determination of volatile carboxylic and (C_1-C_{5i}) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. . Journal of the Science of Food and Agricultural. 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.

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

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.

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

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.

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.

Forbes, J.M. 1986. The voluntary food intake of farm animal. Butterworths. London.

Frame, J. 1994. Improve grassland management. Ferming press books. United Kingdom.

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 onlipid 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 Agricultural Handbook:Wanshington D.C.

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

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

Grant, R. 2000b. Feeding to maximize protien and fat. Available from: http://www.ianr.unl.edus/

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.

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

Hart, S.P. and J.J. Doyle. 1985. Adaptation of early-weaned lambs to high-concentrate diets with three grain sources, with of without sodium bicarbonate. Jornal 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 Produciton. 6:318-321.

Hunsigi, G. 1993. Production of Sugarcane : Theory and Practice. New York : Springer-Verlag.

Hurley, W.L. 1998. Nutritional Factors Affecting Milk Yield and Composition. Available from URL. Http://www.classes.aces.uiuc.edu

Hutjens, M.F. 1996. Rumen acidosis. URL. Http://dairynet.outreach.uiuc.edo/fulltext.cfm

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.

Leng, R.A. 1991. Feeding Strategies for Improving Milk Production of Dairy Animals Managed by Dairy Cows in the Tropics. A. Speedy and R. Sancoucy. FAO, Rome. 82-104.

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

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

Maynard, 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.

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

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. 1988. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th ed. Washington : National Academic Press.

National Reseach Council. 1989. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Ed. National Academic Press. Washington D.C.

National Reseach Council. 1996. The Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th Ed. National Academic Press. Washington D.C.

National Reseach Council. 2001. The Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National Academic 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. 1986. Protein Nutrition in Ruminant. 2nd ed. London: Academic Press.

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

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

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

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

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

Pecina, J.R, J.B. Russel and C.M.J. Yang. 1984. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ration 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. Guttierez. 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 tran 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 Biometeric Approach (2nd Ed). McGrowHill : New York.

Stone, W.C. 2000. The effect of subclinical rumen acidosis on milk components. URL. Http://www.ansci.cornell.edu/tmplobs/boad/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.

Suksombut, 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.

Suksombut, 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. Sub acute acidosis. URL. http://www.uky.edu/Agriculture/

Wagner, D.C. and J.K. Loosli. 1967. Studies on the energy requirements of high-producing cows. Memoir 400, Cornell Uni. Agr. Exp. Sta.

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

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 and Technology. 39:95-110.

Weiss, W.P., H.R. Conrad and W.L. Shockey. 1983. Predicting digestible protein using aicd detergent insoluble nitrogen. Journal of Dairy Science. 66 (Suppl.1) : 192 (abstr.).

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

Wiseman, J. 1987. Feeding of Non-ruminant Livestock. London : Butterworth.

Woodford, M.K. 1975a. Microbiological screening of food presevatives, cold sterilants and specific antivicrobial agents as potential silage additives. Journal of the Science of 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.

ประวัติและผลงาน

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

1. ข้อมูลทั่วไป

1.1 ชื่อ และนามสกุล (ภาษาไทย) นาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Wisitiporn Suksombat

1.2 สัญชาติ ไทย เชื้อชาติ ไทย ศาสนา พุทธ

1.3 เกิดวันที่ 29 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2498

1.4 ตำแหน่งปัจจุบัน

1.4.1 ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์ ระดับ –

ตำแหน่งบริหาร ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4.2 ความชำนาญ/เชี่ยวชาญทางด้านการวิจัย โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง (โคนม) การจัดการ ฟาร์มโคนม พืชอาหารสัตว์ การเลี้ยงดูโคนม โภชนศาสตร์สัตว์กระเพาะเดี่ยว

1.5 สถานที่ติดต่อ

1.5.1 สถานที่ทำงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 111 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ. นครราชสีมา รหัสไปรษณีย 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4378

โทรสาร 0-4422-4150

1.5.2 ที่บ้านเลขที่ 111/127 ถ.มหาวิทยาลัย ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์/โทรสาร 0-4422-5876

2. ประวัติการศึกษา

ปริญญา	อักษรย่อ	สาขา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่จบ	ปีระเทศ
เอก	Ph.D.	Animal Sc.	Dairy Prod.& Nutrition	Massey Univ.	2536	New Zealand
โท	M.Agr.Sc.	Animal Sc.	Dairy Prod.	Massey Univ.	2531	New Zealand
ตรี	ว.ทบ.	สัตวบาล	สัตวบาล	เกษตรศาสตร์	2520	ไทย

3. ประวัติการทำงาน

พ.ศ.-พ.ศ.	ชื่อตำแหน่ง	สถานที่ทำงาน	อำเภอ/จังหวัด
2521-2537	หัวหน้าแผนกวิจัยฯ	องค์การส่งเสริมกิจการโคนม	มวกเหล็ก/สระบุรี
2537-2539	อาจารย์ประจำ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	เมือง/นครราชสีมา
2540-2543	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รองผู้อำนวยการศูนย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ	เมือง/นครราชสีมา
2544-present	รองศาสตราจารย์ ผู้ช่วยอธิการบดี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ฝ่ายวิชาการ	เมือง/นครราชสีมา

4. ตำแหน่งหน้าที่อื่นๆ (กรรมการ ที่ปรึกษา ผู้เชี่ยวชาญ)

ชื่อตำแหน่ง	หน่วยงาน
1. ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด
2. ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคนมมวกเหล็ก จำกัด
3. ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด
4. ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคนมอ่าวน้อย จำกัด
5. ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคนมเสิงสาง จำกัด
6.ที่ปรึกษา	สหกรณ์โคราชปศุสัตว์พัฒนา จำกัด
7. ที่ปรึกษา	วารสารโคนม อ.ส.ค.
8. ที่ปรึกษา	นิตยสารฟาร์มโคนม ในเครือสัตว์เศรษฐกิจ

5. สมาคมวิชาการและวิชาชีพที่เป็นสมาชิก

5.1 -

6. งานวิจัยและบทความทางวิชาการ

6.1 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2532. โคนมกับการคลอดตามฤดูกาล. วารสารโคนม. 9(2) : 20-22.

6.2 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. แนวคิดการจัดการอาหารโคนม ตอนที่ 1 : ภาพรวม วารสารโคนม. 14(3) : 46-51.

6.3 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. แนวคิดการจัดการอาหารโคนม ตอนที่ 2 : พืชอาหารสัตว์. วารสารโคนม 14(4) : 36-39.

6.4 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2538. แนวคิดการจัดการออาหารโคนม ตอนที่ 3 : การใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตร. วารสารโคนม 14(5) : 42-44.

6.5 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2539. แนวโน้มอุตสาหกรรมการเลี้ยงโคนมในทศวรรษหน้า. วารสารโคนม 15(1) : 56-60.

6.6 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2539. แนวโน้มอุตสาหกรรมการรเลี้ยงโคนมในทศวรรษหน้า (ตอนจบ). วารสารโคนม 15(2) : 25-28.

6.7 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2539. แนวคิดการจัดการอาหารโคนม ตอนที่ 4 : อาหารข้นเสริมสำหรับโคนม. วารสารโคนม 15(2) : 58-62.

6.8 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2539. การปลูกสร้างทุ่งหญ้าเพื่อการเกษตรแบบผสมผสาน. วารสารชีวิตสีเขียว. 3(11) : 7-8.

6.9 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2540. เทคนิคการให้อาหารโคนม. เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมกลุ่มเกษตรกร สมาชิกสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด ระหว่างวันที่ 6-23 พฤศจิกายน 2540. ณ สหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด จ.สระแก้ว. 18 หน้า.

6.10 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2540. ชานอ้อย : อาหารหยาบผสมสำหรับโคนม (1) การปรับปรุงคุณภาพชานอ้อย ด้วยวิธีการต่าง ๆ. วารสารโคนม. 16(6) : 6-9.

6.11 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ชานอ้อย : อาหารหยาบผสมสำหรับโคนม (2) การใช้อาหารหยาบผสมที่มีชานอ้อยเป็นส่วนประกอบเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูฝน. วารสารโคนม. 17(1) : 6-8.

6.12 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ชานอ้อย : อาหารหยาบผสมสำหรับโคนม (3) การใช้อาหารหยาบผสมที่มีชานอ้อยเป็นส่วนประกอบเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้ง วารสารโคนม. 17(2) : 6-9.

6.13 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ชานอ้อย : อาหารหยาบผสมสำหรับโคนม (4) การใช้อาหารหยาบผสมที่มีชานอ้อยเป็นส่วนประกอบเลี้ยงโคนม : ฟาร์มเกษตรกรและฟาร์มมหาวิทยาลัย. วารสารโคนม. 17(3) : 6-9.

6.14 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ชานอ้อย : อาหารหยาบผสมสำหรับโคนม (5) การศึกษาการยอมรับของเกษตรกรต่ออาหารหยาบผสมอัดก้อน. วารสารโคนม. 17(4) : 9-12.

6.15 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ผลของการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตน้ำนมของโคนมในช่วงต้นระยะให้นม. วารสารโคนม. 17(5) : 8-11.

6.16 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. การหาการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องด้วยวิธีใช้ถุงไนล่อน. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 5(1) : 38-50.

6.17 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สดและอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน : ฟาร์มมหาวิทยาลัย. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 5(3) : 179-187.

6.18 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ผลของการใช้พืชอาหารสัตว์สดและอาหารหยาบผสมอัดก้อนต่อผลผลิตโคนมในช่วงกลางระยะให้นมในฤดูฝน : ฟาร์มเกษตรกร. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. (อยู่ระหว่างรอตีพิมพ์)

6.19 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. เทคนิคการให้อาหารโคนม. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(1) : 6-7.

6.20 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. เทคนิคการให้อาหารโคนม.(ต่อ) วารสารสหกรณ์โคนม. 1(2) : 7.

6.21 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. การสำรวจการใช้อาหารโคนมของสมาชิกสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(4) : 9-11.

6.22 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. ปลูกหญ้าให้ขึ้นนั้นง่าย แต่ทำให้หญ้ามีคุณภาพดีนั้นไม่ง่ายนัก. วารสาร สหกรณ์โคนม. 1(12) : (อยู่ระหว่างรอตีพิมพ์)

6.23 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2541. การให้อาหารโคนม และการจัดการเลี้ยงดูโคนมอายุต่างๆ. เอกสารประกอบการบรรยาย การอบรมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเลี้ยงโคนม สหกรณ์โคนมวังน้ำเย็น จำกัด ระหว่างวันที่ 10-12 ธันวาคม 2541 ณ สวนสามพี่น้อง อ.โป่งน้ำร้อน จ.จันทบุรี. 47 หน้า.

6.24 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2542. ผลผลิตโคนมที่ได้รับอาหารรวมต่างชนิดกัน 3 สูตร. หน้า 13-14. เปล่งศรี อิงคนันท์ และ วีระพงศ์ โกยกุล. บรรณาธิการ. ประมวลบทคัดย่อการประชุมวิชาการ เรื่อง วิจัยและพัฒนาเพื่ออนาคตโคนมไทย และ การประชุมทางวิชาการโคนมและผลิตภัณฑ์นม ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 4-5 พฤศจิกายน 2542 ณ โรงแรมเอเชีย ราชเทวี กรุงเทพฯ.

6.25 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2543. การให้อาหารและการจัดการเลี้ยงดูโคนมอายุต่างๆ. เอกสารประกอบการสัมมนาเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม สมาชิกสหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด. ระหว่างวันที่ 28-29 มกราคม 2543. ณ สหกรณ์โคนมพิมาย จำกัด. 12 หน้า.

6.26 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ คู่ขวัญ จุลละนันท์ นวลปรางค์ อุทัยดา และ สุวิทย์ เพียสังกะ. 2542. การปรับปรุงคุณภาพฟางข้าวด้วยวิธีการต่างๆทางเคมี. หน้า 15-16. เปล่งศรี อิงคนันท์ และ วีระพงศ์ โกยกุล. บรรณาธิการ. ประมวลบทคัดย่อการประชุมวิชาการ เรื่อง วิจัยและพัฒนาเพื่ออนาคตโคนมไทย และ การประชุมทางวิชาการโคนมและผลิตภัณฑ์นม ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 4-5 พฤศจิกายน 2542 ณ โรงแรมเอเชีย ราชเทวี กรุงเทพฯ.

6.27 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2541. ไมยรา : ถั่วอาหารสัตว์. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(7) : 12-15.

6.28 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และสุชาติ พรหมมาโน. 2541. นมผงเลี้ยงลูกโค. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(8):4-7.

6.29 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และสุชาติ พรหมมาโน. 2541. ลูกโค โครุ่น โคสาว : ดูแลอย่างไรถึงจะได้แม่โคที่ดี. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(10) : 4-8.

6.30 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ สุชาติ พรหมมาโน สุนทร สมญาประเสริฐ และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2541. โคนมผสมติดง่าย. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(6) : 6-13.

6.31 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ สุชาติ พรหมมาโน และสุนทร สมญาประเสริฐ. 2541. เต้านมอักเสบ. วารสาร สหกรณ์โคนม. 1(9) : 8-12.

6.32 วิศิษฐิพร สุขสมบัติ สุชาติ พรหมมาโน และสุนทร สมญาประเสริฐ. 2541. ความสัมพันธ์ระหว่างแร่ธาตุกับความสมบูรณ์พันธุ์ในโคนม. วารสารสหกรณ์โคนม. 1(11) : 7-11.

6.33 Suksombat, W., Wongsuwan, N. and Watkin, B.R. 1992. The effect of seedbed preparation on the establishment and early growth of Ruzi grass *(Brachiaria ruziziensis)* and Pearl millet *(Pennisetum americanum)*. pp.39-44. In: *Publications of Pasture Research and Development at Dairy Farming Promotion Organisation of Thailand (D.P.O.)*. Edited by P. Sukpituksakul. Dairy Farming Promotion Organisation of Thailand.

6.34 Suksombat, W. 1995. Growth rate of calves fed different types of calf milk replacer. *Suranaree Journal of Technology*. 2(3) : 157-160.

6.35 Suksombat, W. 1996. The effect of four different roughage-mixed on dairy cow performances in late lactation. *Suranaree Journal of Technology*. 3(3) : 139-145.

6.36 Suksombat, W. 1997a. Production, Growth and Nutritive Value of 6 Forage Species Grown at Suranaree University of Technology. I. Initial Growth. *Suranaree Journal of Technology*. 4(1) : 23-28.

6.37 Suksombat, W. 1997b. Production, Growth and Nutritive Value of 6 Forage Species Grown at Suranaree University of Technology. II. First Regrowth. *Suranaree Journal of Technology*. 4(2) : 109-114.

6.38 Suksombat, W. 1998a. The effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during rainy season. *Suranaree Journal of Technology*. 5(2) : 80-87.

6.39 Suksombat, W. 1998b. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during rainy season. *Thai Journal of Agricultural Science*. 31(2) : 224-234.

6.40 Suksombat, W. 1999. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. *Suranaree Journal of Technology*. 5:150-157.

6.41 Suksombat, W. 2000. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during dry season. *Suranaree Journal of Technology.* 6:130-136.

6.42 Suksombat, W. 2000. Performances of Lactating Cows Fed 3 Different Total Mixed Ration. pp. 131-140. In: Proceeding of Quality control in animal production: Nutrition, management, health and product. Chiang Mai University, Thailand.

6.43 Suksombat, W., Julanand, K, Utaida, N. and Piasangka, S. 2000. Various Chemical Treatments of Bagasse. pp.123-129. In: Proceeding of Quality control in animal production: Nutrition, management, health and product. Chiang Mai University, Thailand.

6.44 Suksombat, W. and Sra-ngarm, D. 1998. Effect of intraruminal monensin capsule on dairy cow performances in early lactation. *Thai Journal of Agricultural Science.* 31(3):402-410.

7. วิชาที่สอน

7.1 โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง

7.2 การผลิตโคนม-โคเนื้อ

7.3 การวางแผน/วิเคราะห์โครงการโคนม-โคเนื้อ

7.4 โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องขั้นสูง

7.5 การถนอมอาหารและกระบวนการผลิตอาหารสัตว์