รหัสโครงการ SUT 3-303-52-12-27

รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม

Utilization of cassava peel as energy source in dairy cows diet on milk yield, milk composition and milk quality

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT 3-303-52-12-27

รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม

Utilization of cassava peel as energy source in dairy cows diet on milk yield, milk composition and milk quality

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2552

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2555

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณฟาร์มมหาวิทยาลัยที่สนับสนุนพันธุ์สัตว์ทดลองและสถานที่ในการทำการทดลอง และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการ เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับการวิเคราะห์

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน การศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงาน และการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกมันสำปะหลัง พบว่าคุณค่าทางโภชนะของเปลือกมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในสูตรอาหารได้ การทดลองที่ 1 ศึกษาระดับสูงสุดของการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร โดยจัดแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) ซึ่งจัดเป็น 3 กลุ่มการทดลอง โดยใช้โคนมจำนวน 24 ตัว กลุ่มละ 8 ตัว ทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ช่วงการทดลอง ช่วงละ 5 วัน โดยมีการบันทึก ข้อมูลน้ำนม ปริมาณการกินได้ และ น้ำหนักตัว โดยที่กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารข้นทดลอง 0% เปลือกมันสำปะหลัง กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารข้นทดลอง 20% เปลือกมันสำปะหลังและ กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารข้นทดลอง 40% เปลือกมันสำปะหลังโดยที่ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งของอาหารหยาบ พบว่าปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม, การกินได้ของโคนม และ น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารข้นทดลอง 0% เปลือกมันสำปะหลัง กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารข้นทดลอง 20% ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารข้นทดลอง 40% เปลือกมันสำปะหลังมีค่าที่ลดลง นอกจากนี้ในส่วนของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDPsup) และ โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUPsup) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักของโคนมโดยใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 6 ตัว จัดการทดลองแบบ 3x3 Latin square โดยให้โคเจาะกระเพาะในแต่ละตัวได้รับอาหารข้นตามกลุ่มการทดลอง พบว่าโคนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบไม่มีผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-ด่าง และ อัตราส่วน Acetate:Propionate ในกระเพาะหมักของโคนม จากการทดลองสรุปได้ว่า การใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคนมสามารถใช้ได้ในระดับไม่เกิน 20% การใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยในการลดต้นทุนค่าอาหารข้นสำหรับโคนม และสามารถใช้ทดแทนวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่มีราคาสูง เช่น ข้าวโพด โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของโคนม แต่การใช้เปลือกมันสำปะหลังซึ่งมีระดับโปรตีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรที่จะใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนร่วมด้วย เช่น กากถั่วเหลือง

Abstract

The present research was aimed to study the utilization of cassava peel as an energy source of concentrate for crossbred Holstein Friesian dairy cows. The first section was conducted to determine chemical composition and energy assessment and digestibility of cassava peel in the rumen of fistulated cows. The first experiment was carried out to investigate the effect of different level of cassava peel in concentrates on milk production, milk composition and live weight change of lactating dairy cows. This experiment was designed in Randomized complete block design (RCBD). Each group consisted of eight lactating dairy cows. The first group was fed 0% cassava peel concentrate, the second group was fed 20% cassava peel concentrate and the last group was fed 40% cassava peel concentrate. All cows were fed corn silage as roughage. The experiment lasted 40 days that the first 10 days were considered as adaptation period and measurements were made during the last 30 days in 6 periods of 5-days. Daily milk yields were recorded. Evening and morning samples of milk were collected on one day during the 5-days period. Live weights measurements were recorded at the start and at the end of the experimental period. While the trial with lactating cows was carried on, six rumen fistulated dairy cows were assigned in to 3 x 3 Latin Square arrangement to determine the change in rumen pH. Cows were fed concentrate and corn silage as in the trial with lactating dairy cows. The results showed no significant differences in daily feed intake, milk yield, milk composition and live weight change in 0 and 20% cassava peel concentrate. Rumen degradable protein (RDP) and rumen undegradable protein (RUP) supplies were also similar in all groups. This trial also showed that cassava peel level in concentrates did not influence the rumen pH and acetate: propionate ratio in dairy cow's rumen fluid. The present study clearly indicates that cassava peel could effectively replace high cost energy source such as corn. Nevertheless, the low protein of cassava peel should be collaborated by protein source supplement such as soybean meal. The highest level of inclusion in the concentrates was up to 20% cassava peel.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
สมมุติฐานของการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	3
บทที่ 2 การศึกษาผลของการเปลือกมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น	
สำหรับโคนมต่อผลผลิต องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม	4
อุปกรณ์และวิธีการ.....	4
ผลการทดลอง	6
วิจารณ์ผลการทดลอง	15
บทที่ 3 การศึกษาผลของการใช้การเปลือกมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งพลังงานใน	
อาหารข้นสำหรับโคนม ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก	18
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลการทดลอง	20
วิจารณ์ผลการทดลอง	26
บทที่ 4 สรุปและเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก ก.....	38
ประวัติผู้วิจัย	43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในผลิตอาหารข้นในแต่ละกลุ่มการทดลอง	4
2.2	แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง	5
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้น และอาหารหยาบ	7
2.4	คุณค่าทางพลังงานของของสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ	8
2.5	แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับอาหารข้น และอาหารหยาบ	9
2.6	แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	10
2.7	แสดงองค์ประกอบของน้ำนม	11
2.8	แสดงน้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	11
2.9	แสดงการใช้เปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้นต่อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ.....	12
2.10	ปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและตามความต้องการของโคนม	14
2.11	พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร	14
2.12	ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ และผลกำไรขาดทุนจากการใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน.....	15
3.1	การจัดผังการทดลองแบบ 3 x 3 Latin square	18
3.2	การย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารข้นและอาหารหยาบ	21
3.3	การย่อยสลายได้โปรตีนของอาหารข้นและอาหารหยาบ	21
3.4	การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารข้นในกระเพาะหมัก	22
3.5	การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3- N) ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร.....	24
3.6	แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFA_s) ของของเหลวในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร.....	25
3.7	แสดงการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ หลังการให้อาหาร...	26

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการวิจัย

ในสภาพปัจจุบันธุรกิจการเลี้ยงโคนมภายในประเทศกำลังกลับมาได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก อีกทั้งทางภาครัฐยังได้สนับสนุนให้เกษตรกรมีการเลี้ยงโคนมตามแนวแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งมุ่งพัฒนาเกษตรตามแนวทฤษฎีคู่ขนาน โดยพัฒนาเศรษฐกิจรากหญ้าควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อการแข่งขัน เน้นเกษตรกรเป็นศูนย์กลางและเพื่อทดแทนการนำเข้านมจากต่างประเทศเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552) รายงานว่าจำนวนโคนมทั้งประเทศ 367,537 ตัว ผลผลิตน้ำนม 840,691.09 ตันต่อปี อัตราการบริโภคน้ำนม 13.69 กิโลกรัม/คน/ปี ซึ่งอัตราการบริโภคของนมและผลิตภัณฑ์นมของประเทศเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของธุรกิจเลี้ยงโคนมนี้จะส่งผลต่อความต้องการอาหารที่เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และจากสถานการณ์ในปัจจุบันที่เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทำให้วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายอย่างมีราคาที่สูงขึ้น โดยเฉพาะวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง ดังนั้นจึงได้มีการนำเอาผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร (Agro industrial by – products) เข้ามาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น กากมันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น เปลือกมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งซึ่งพบว่าเป็นวัตถุดิบที่น่าจะมีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนม เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีเปลือกมันสำปะหลัง 3% ของมันสำปะหลังทั้งหมดที่เข้าโรงงาน

นอกจากปัญหาเรื่องของต้นทุนการผลิตแล้ว ปัญหาที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมอีกอย่างหนึ่งนั้นคือ คุณภาพน้ำนมดิบ โดยเฉพาะเรื่องของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม เนื่องจากเกษตรกรบางพื้นที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์รับน้ำนมมากต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีระบบทำความเย็นที่ฟาร์ม รวมทั้งการขนส่งน้ำนมดิบในปริมาณมาก เช่น ศูนย์รับน้ำนมดิบไปยังโรงงานแปรรูป ปัจจุบันมีการค้นพบว่าในน้ำนมมีเอ็นไซม์ที่เรียกว่า Lactoperoxidase ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมดิบที่อุณหภูมิห้องได้

มีรายงานว่าการใช้มันเส้นในสูตรอาหารโคนมในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้ระดับของ Thiocyanate ในน้ำนมเพิ่มขึ้นได้ (ศิริรัตน์, 2546) Wanapat et al. (2000) ได้ใช้ใบมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 0, 1.0 และ 1.7 ก.ก./วัน เสริมในอาหารโคนม พบว่ามีผลทำให้ Thiocyanate ในน้ำนมเพิ่มขึ้นจาก 5.3 ppm. เป็น 13.3 และ 17.8 ppm. ตามลำดับ ซึ่งการใช้ระบบ Lactoperoxidase อาจจะเป็นอีกหนทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำนมดิบให้คงคุณภาพไว้ได้นานขึ้น ระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดส ประกอบด้วย

3 ส่วนคือ แลคโตเปอร์ออกซิเดส Thiocyanate และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ Reiter et al. (1984) ซึ่ง Limsowtin (1992) รายงานว่าในน้ำนมดิบโดยทั่วไปจะมีThiocyanateระดับต่ำ ส่วนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีปริมาณที่จำกัดโดย Thiocyanate ในน้ำนมจะทำปฏิกิริยาร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบเปอร์ออกซิเดส ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

แต่ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหารโคนมยังมีน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินไปเพื่อแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้น และต้นทุนในการผลิตอาหารโคนมร่วมกับการศึกษาผลต่อคุณภาพน้ำนมของโคนมที่ได้รับเปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหาร

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ หัวมัน มันอัดเม็ด มันเส้น กากมัน เป็นแหล่งอาหารพลังงาน มีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักได้เป็นอย่างดี สามารถนำมาเป็นส่วนประกอบอาหารข้นได้ระดับสูง สำหรับเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมและมีอยู่แล้วในพื้นที่ที่เลี้ยงโคเนื้อ โคนม แม้ว่ามันสำปะหลังมีโปรตีนต่ำ มีปริมาณแป้งสูง และความสามารถในการย่อยสลายในกระเพาะหมักมีอัตราสูง และมันสำปะหลังมีปริมาณและอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าข้าวโพด (พีรพจน์ และ กฤตพล, 2546) ในอาหารโคนมมันเส้นสามารถทดแทนเมล็ดธัญพืชในสูตรอาหาร ช่วยลดต้นทุนได้โดยไม่มีผลเสียหายต่อการให้ผลผลิตน้ำนม (Sommart, 1998)

อย่างไรก็ตามในภาวะเศรษฐกิจและภาวะราคาน้ำมันที่เพิ่มขึ้นตลอดมา ส่งผลให้เกิดการแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนจากแหล่งอื่น เช่น มันสำปะหลัง และข้าวโพด ถูกนำมาใช้ในการผลิตเอทานอลเพื่อเป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำมันแก๊สโซฮอล์ ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้ราคาของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ได้ส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารสัตว์เป็นอย่างมาก จึงได้มีการศึกษาหาแหล่งวัตถุดิบพลังงานชนิดอื่นมาทดแทน เช่น กากมันสำปะหลัง ซึ่งปัจจุบันก็มีราคาเพิ่มสูงเช่นกัน เปลือกมันสำปะหลังจึงเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงโคนม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีรวมถึงปริมาณของไฮโดรไซยานิคและคุณค่าทางพลังงานของเปลือกมันสำปะหลัง

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของอาหารข้นในแต่ละสูตรที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานต่อผลผลิตและคุณภาพน้ำนมในโคนม

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังในอาหารโค ต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 เปลือกมันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนะเหมาะเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นและสามารถนำมาใช้เป็นอาหารโคนมได้

1.3.2 เปลือกมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อการผลิตน้ำนมในโคนม

1.3.3 เปลือกมันสำปะหลังที่ใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำนมในโคนม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนที่ระดับสายเลือด 87.5% ขึ้นไป โดยมีสภาพการเลี้ยงที่มีการให้อาหารข้นต่ออาหารหยาบในอัตราส่วน 40:60

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของเปลือกมันสำปะหลัง

1.5.2 ทราบปริมาณไธโอไซยาเนตในน้ำนมของโคนมที่กินอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง

1.5.3 ทราบถึงผลของการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนม

1.5.4 ทราบถึงผลของการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อคุณภาพของน้ำนมในโคนม

1.5.5 ทราบถึงการย่อยสลายได้และการใช้ประโยชน์ได้ในกระเพาะหมัก รวมถึงผลผลิตที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบ

บทที่ 2
การศึกษาผลของการเปลือกมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับโคนมต่อผลผลิต องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม

2.1. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของเปลือกมันสำปะหลังที่เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับโคนมใช้โคนมลูกผสมพันธ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน (Crossbred Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว โดยอาหารแต่ละสูตรใช้โครีดนมในการทดลองสูตรละ 8 ตัว

2.1.1 อาหารทดลอง

วิเคราะห์วัตถุดิบที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารและทำการประกอบสูตรอาหารข้นโดยประกอบสูตรอาหาร 3 สูตร โดยใช้เปลือกมันสำปะหลังทดแทนกากมันสำปะหลังที่เป็นแหล่งของพลังงานในอาหารในสัดส่วน 0, 20, 40 % ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในผลิตอาหารข้นในแต่ละกลุ่มการทดลอง (ราคา ณ กันยายน 2553)

วัตถุดิบ	ราคาวัตถุดิบ	อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง		
	บาท/กิโลกรัม	0%	20%	40%
เปลือกมันสำปะหลัง	0.50	0.0	20.0	40.0
กากมันสำปะหลัง	1.20	40.0	20.0	0.0
มันเส้น	4.23	4.0	4.0	4.0
รำอ่อน	5.86	7.0	7.0	7.0
กากน้ำตาล	6.45	6.0	6.0	6.0
รำถั่วเขียว	7.50	17.0	17.0	17.0
กากถั่วเหลือง	18.40	23.0	23.0	23.0
ยูเรีย	17.0	2.0	2.0	2.0
แร่ธาตุ	4.60	0.5	0.5	0.5
Premix	44.30	0.5	0.5	0.5
รวม		100	100	100
รวมต้นทุนบาท/ ก.ก.		7.54	7.40	7.26

2.1.2 แผนการทดลองและการจัดการให้อาหาร

วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) การจัดกลุ่มโดยใช้บล็อกด้วยจำนวนวันที่ให้นม โดยจัดโคนมใช้โคนมลูกผสมพันธ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน (Crossbred Holstein Friesian) จำนวน 24 ตัว โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มทดลองละ 8 ตัว โดยแสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนม ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยกลุ่มทดลองที่ 1 ให้ได้รับอาหารข้นที่ไม่มีการใช้เปลือกมันสำปะหลัง ส่วนอีก 2 กลุ่มทดลอง ให้ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 20 และ 40%

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด	**ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น**		
	0%	**20%**	**40%**
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	13.63±1.57	13.29±2.42	13.18±1.63
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	68.63±40.73	68.25±48.71	69.00±36.85
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	437.88±52.75	423.13±51.78	438.88±54.92
อายุ (เดือน)	74.5±16.8	76.9±12.2	72.5±18.3

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงอยู่ในรูป Mean ± SD, กลุ่มควบคุม 0%, กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40%

โคนมทุกตัวจะจัดให้อยู่ในคอกเดี่ยวมีอ่างใส่น้ำให้กินตลอดเวลา การให้อาหารโคนมรายตัวจะให้อาหารแยกเป็นอาหารข้นและอาหารหยาบโดยให้อาหารข้น 9 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน แบ่งให้ 3 เวลาคือ 06.00 น. 10.00 น. และ 15.30 น.โดยโคนมแต่ละตัวจะได้รับอาหารหยาบ(ข้าวโพดหมัก) วันละ 2 ครั้งเช้าและเย็นในทุกวันตลอดการทดลอง

2.1.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อทำการสุ่มโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองที่วางไว้แล้วทำการให้อาหาร และใช้ระยะเวลาในการปรับตัวของสัตว์กับอาหารเป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ และช่วงของการเก็บข้อมูลจะเป็นระยะเวลาทั้งหมด 30 วัน หลังปรับสัตว์เรียบร้อย โดยจะแบ่งออกเป็น 6 ช่วงการทดลองช่วงละ 5 วันโดยมีการบันทึกแล้วเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณการกินได้

ชั่งและบันทึกปริมาณอาหารที่กินรวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินเป็นรายตัวทำการเก็บการกินทุกๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดกัน)แล้วนำตัวอย่างมาวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis)(AOAC, 1990) ด้วยการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งโดยเครื่อง Hot air oven,โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP)โดยเครื่อง kjeltec auto analysis, ไขมัน(Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto, เถ้า

(Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมงและเยื่อใยหยาบ(Crude fiber, CF) เยื่อใย โดย Detergent analysis(Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารเป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารเป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin,(ADL) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer

- ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม

ทำการบันทึกผลการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมรายวันตลอดระยะเวลาของการทดลองและสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวทุกๆ 5 วัน(สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน)โดยแบ่งเป็นเช้าและเย็น เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม (ไขมันนม,โปรตีนนม, แลคโตส,ของแข็งไม่รวมไขมันและของแข็งรวมในน้ำนม)โดยเครื่อง Milkoscan รุ่น S50 แล้วนำมาคำนวนตามอัตราส่วนปริมาณน้ำนม

- การวัดน้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองของโคนมทุกตัว ทั้ง 3 กลุ่มทดลอง โดยการชั่งด้วยเครื่องชั่งหลังจากรีดนมเสร็จในช่วงเช้า

- การศึกษาคุณภาพน้ำนมดิบ

น้ำนมดิบจากการทดลองในวันที่ 0, 10, 20 และ 30 วัน ของการทดลอง นำมาวิเคราะห์หาจุลินทรีย์รวม(Standard plate count, SPC) ตามวิธีของ Houhtby et al. (1992) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มโคไลฟอร์ม (Coliform count) ตามวิธีของ Chisten et al. (1992) การเปลี่ยนสีของเมทาลีนบลู (Methalene blue test) และปริมาณไธโอไซยาเนตในตัวอย่างน้ำนมดิบ ตามวิธีของ Cosby and Summer (1945)

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลการทดลองในส่วนของการกินได้ ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ความต้องการพลังงานและโปรตีน พลังงานและโปรตีนที่ได้รับจากอาหารที่ได้จากการทดลอง นำข้อมูลดังกล่าวไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

2.2. ผลการทดลอง

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ และการประเมินพลังงานโดยการคำนวนจาก สมการ NRC (2001) (ภาคผนวก ก.) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มี

เปลือกมันสำปะหลัง 40% ดังตารางที่ 2.3 โดยพบว่าอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า เยื่อใย NDF, ADF และ ADL ใกล้เคียงกันทั้ง 3 กลุ่ม ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดหมัก พบว่าองค์ประกอบทางเคมีคือเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใย, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 28.14, 5.77, 1.50, 7.29, 35.80, 69.50, 33.40 และ 12.18% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มาคำนวนหาค่าโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN_{1X}), พลังงานย่อยได้ (DE_P), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_P) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ตามสมการ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 2.4 โดยค่าโภชนะย่อยได้ของ ข้าวโพดหมัก อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0, 20 และ 40% มีค่าเท่ากับ 40.19, 69.36, 66.91 และ 65.85% ตามลำดับ และพลังงานย่อยได้เท่ากับ 1.74, 3.48, 3.35 และ 3.29 Mcal/kgDM ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.57, 2.85, 2.76 และ 2.72 Mcal/kgDM ตามลำดับ และพลังงานสุทธิเท่ากับ 0.91, 1.81, 1.75 และ 1.72 Mcal/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้น และอาหารหยาบ (Mean ± SD)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	เปลือกมันสำปะหลัง	กากมันสำปะหลัง	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			อาหารหยาบ
			0	20	40	
วัตถุแห้ง	25.19 ± 0.36	22.97 ± 0.82	89.97 ± 0.29	90.04 ± 0.12	90.62 ± 0.69	28.14 ± 0.30
โปรตีน	1.04 ± 0.18	2.03 ± 0.16	22.65 ± 0.52	22.41 ± 1.99	22.78 ± 0.65	5.77 ± 0.10
ไขมัน	1.92 ± 0.82	0.13 ± 0.10	3.43 ± 0.32	3.21 ± 0.08	3.07 ± 0.32	1.50 ± 0.64
เถ้า	17.66 ± 1.76	7.38 ± 0.62	8.96 ± 0.18	10.24 ± 0.57	11.60 ± 1.06	7.29 ± 0.14
เยื่อใย	10.79 ± 0.48	12.28 ± 0.98	9.35 ± 1.28	12.71 ± 1.05	12.08 ± 2.39	35.80 ± 0.14
NDF	70.97 ± 0.04	61.36 ± 0.01	29.30 ± 3.22	31.67 ± 1.78	32.04 ± 0.30	69.50 ± 0.14
ADF	18.73 ± 1.62	14.68 ± 0.14	18.69 ± 0.51	18.57 ± 0.48	19.04 ± 0.12	33.40 ± 0.18
ADL	7.15 ± 0.24	5.16 ± 1.28	5.41 ± 0.21	5.27 ± 0.53	4.75 ± 0.12	12.18 ± 0.94
NDIN	0.35 ± 0.01	0.21 ± 0.02	1.28 ± 0.02	1.24 ± 0.02	1.23 ± 0.01	0.43 ± 0.02
NDICP	2.20 ± 0.06	1.33 ± 0.08	7.99 ± 1.20	7.78 ± 0.60	7.69 ± 0.28	2.69 ± 0.22
ADIN	0.19 ± 0.02	0.37 ± 0.02	0.67 ± 0.10	0.71 ± 0.02	0.71 ± 0.04	0.46 ± 0.02
ADICP	1.18 ± 0.10	2.31 ± 0.12	4.19 ± 0.94	4.44 ± 0.10	4.44 ± 0.72	2.87 ± 1.52

หมายเหตุ: ADF = Acid-detergent fiber, ADL=Acid-detergent lignin, ADIN=Acid-detergent insoluble nitrogen, ADICP=Acid-detergent insoluble crude protein, NDF=Neutral-detergent fiber, NDIN = Neutral-detergent insoluble nitrogen, NDICP=Neutral-detergent insoluble crude protein

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางพลังงานของของสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ (Mean ± SD)

เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง	เปลือกมัน สำปะหลัง	กากมัน สำปะหลัง	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			อาหารหยาบ
			0	20	40	
TDN_{1X} (%)[1/]	42.05 ± 2.94	52.17 ± 2.60	69.36 ± 0.06	66.91 ± 0.06	65.85 ± 0.06	40.19 ± 0.18
DE_{1X} (Mcal/kg)[2/]	1.88 ± 0.04	2.08 ± 0.14	3.48 ± 0.01	3.35 ± 0.02	3.29 ± 0.04	1.74 ± 0.01
DE_P (Mcal/kg)[3/]	2.12 ± 0.08	2.16 ± 0.10	3.27 ± 0.06	3.18 ± 0.04	3.14 ± 0.14	2.01 ± 0.22
ME_P (Mcal/kg)[4/]	1.69 ± 0.08	1.72 ± 0.10	2.85 ± 0.06	2.76 ± 0.04	2.72 ± 0.14	1.57 ± 0.22
NE_{LP} (Mcal/kg)[5/]	1.00 ± 0.06	1.02 ± 0.08	1.81 ± 0.04	1.75 ± 0.02	1.72 ± 0.10	0.91 ± 0.16

หมายเหตุ: [1/] TDN_{1X} (%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 25.25) + tdNDF – 7)

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

[3/] DE_P (Mcal/kg) = (((TDN$_{1X}$ –((0.18 x TDN$_{1X}$) – 10.3)) x Intake)/TDN$_{1X}$) x DE$_{1X}$

[4/] ME_P (Mcal/kg) = (1.01 x (DE_P) – 0.45) + (0.0046 x (EE-3)) (กรณี EE > 3%)

[4/] ME_P (Mcal/kg) = (1.01 x (DE_P) – 0.45) (กรณี EE < 3%)

[5/] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) – 0.19 (กรณี EE < 3%)

[5/] NE_{LP} (Mcal/kg) = (0.703 x ME_P) -0.19) + ((0.097 x ME_P)/97) x (EE – 3), (กรณีEE > 3%)

2.2.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้โภชนะของโคนม เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มที่มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับต่างกัน พบว่าการทดลอง ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งจากอาหารข้นมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันคือ 8.40 , 8.31 และ 8.22 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งจากหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.78, 5.56 และ 5.33 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน ตามลำดับโดยพบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบมีความแตกต่างกันแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.15, 13.85 และ 13.71 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/วัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารข้นไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยมีค่าเท่ากับ 1895, 1860 และ 1791 กรัม/วัน ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของค่าเฉลี่ยโดยมีค่าเท่ากับ 333, 321 และ 307 กรัม/วัน ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันคือ 2229, 2181 และ 2099 กรัม/วัน ตามลำดับ

ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิจากอาหารข้นพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของค่าเฉลี่ยโดยมีค่าเท่ากับ 15.1, 14.5 และ 13.4 Mcal /ตัว/วัน ปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิ

จากอาหารหยาบพบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 5.25, 5.05 และ 4.84 Mcal /ตัว/วัน และปริมาณการกินได้ของพลังงานสุทธิจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ 20.41, 19.60 และ 18.30 Mcal /ตัว/วัน ตามลำดับดังตาราง 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับอาหารข้น และอาหารหยาบ

	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	20%	40%		
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง		**(kgDM/d)**			
อาหารข้น	8.40	8.31	8.22	-	-
อาหารหยาบ	5.78 [a]	5.56 [ab]	5.33 [b]	0.20	0.0617
รวม	14.15 [a]	13.85 [b]	13.71 [b]	0.20	0.0028
ปริมาณการกินได้โปรตีน		**(g/d)**			
อาหารข้น	1895	1860	1791	45.52	0.2797
อาหารหยาบ	333 [a]	321 [b]	307 [c]	21.56	0.0617
รวม	2229	2181	2099	21.56	0.2197
ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ		**(Mcal/d)**			
อาหารข้น	15.1 [a]	14.5 [a]	13.4 [b]	0.34	0.0069
อาหารหยาบ	5.25 [a]	5.05 [ab]	4.84 [b]	0.19	0.0575
รวม	20.41 [a]	19.60 [ab]	18.30 [b]	0.19	0.0099

หมายเหตุ: [a, b] = Significantly different (P<0.05)

2.2.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

การทดลองใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 2.6 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับมีปริมาณน้ำนมเฉลี่ยเท่ากับ 11.99, 11.67 และ 10.19 กิโลกรัม/วัน ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติและเมื่อปรับปริมาณน้ำนมตามเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่ 4% (4%FCM) โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 12.64, 12.02 และ 10.54 กิโลกรัม/วัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อพิจารณาปริมาณไขมันในน้ำนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 462, 431 และ 378 กรัม/วัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ปริมาณโปรตีนในน้ำนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 330, 324 และ 281

กรัม/วัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับของแข็งไม่รวมไขมันที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 943, 920 และ 795 กรัม/วัน ส่วนของปริมาณแล็คโตสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 545, 534 และ 450 กรัม/วัน และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1405, 1352 และ 1173 กรัม/วัน พบว่าทั้งปริมาณแล็คโตสและของแข็งรวมในน้ำนมมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ส่วนผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนม พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนม 3.85, 3.71 และ 3.73 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เปอร์เซ็นต์โปรตีนนม 2.75, 2.79 และ 2.76 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์แล็คโตส 4.55, 4.61 และ 4.46 และเปอร์เซ็นต์ของแข็งไม่รวมไขมัน 7.86, 7.91 และ 7.82 และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในน้ำนมเท่ากับ 11.74, 11.61 และ 11.54 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			**SEM**	**P value**
	0%	**20%**	**40%**		
ปริมาณน้ำนม		**(kg/day)**			
ปริมาณน้ำนม	11.99	11.67	10.19	0.81	0.0885
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4%	12.64 ^{a}	12.02 ^{ab}	10.54 ^{b}	0.80	0.0447
องค์ประกอบของน้ำนม		**(g/day)**			
ปริมาณไขมันนม	462 ^{a}	431 ^{ab}	378 ^{b}	30.52	0.0286
โปรตีนนม	330	324	281	20.25	0.0805
ปริมาณแล็คโตส	545 ^{a}	534 ^{a}	450 ^{b}	29.06	0.0484
ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน	943	920	795	58.77	0.0672
ปริมาณของแข็งรวมในนม	1405 ^{a}	1352 ^{ab}	1173 ^{b}	84.74	0.0468

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, $^{a, b}$ = Significantly different (P<0.05)

ตารางที่ 2.7 แสดงองค์ประกอบของน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนม	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	20%	40%		
	(%)				
ไขมันนม	3.85	3.71	3.73	0.15	0.3726
โปรตีนนม	2.75	2.79	2.76	0.03	0.4321
แล็คโตส	4.55	4.61	4.46	0.05	0.1097
ของแข็งไม่รวมไขมัน	7.86	7.91	7.82	0.09	0.5845
ของแข็งรวมในนม	11.74	11.61	11.54	0.19	0.3911

หมายเหตุ: $^{a, b}$ = Significantly different (P<0.01)

2.2.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.8 พบว่าน้ำหนักของโคนมก่อนเริ่มทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 448, 433 และ 467 กิโลกรัม ส่วนน้ำหนักหลังสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 457, 444 และ 465 กิโลกรัมและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 308, 362 และ -75 กรัม/วัน ซึ่งพบว่าน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 2.8 แสดงน้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัว	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	20%	40%		
	(kg/head)				
ก่อนการทดลอง	448	433	467	26.65	0.1421
หลังการทดลอง	457	444	465	26.80	0.2133
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	308 ^{a}	362 ^{a}	- 75 ^{b}	73.19	0.0149

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean

2.2.5 ปริมาณไธโอไซยาเนท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ

การศึกษาผลของอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อจุลินทรีย์ในน้ำนม ที่มีผลต่อปริมาณไธโอไซยาเนต จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และผลการตรวจเมทาลินบลูเทสต์ในน้ำนม ของกลุ่มโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.9 จากการวิเคราะห์ผลพบว่าปริมาณไธโอไซยาเนตในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.34, 11.30 และ 11.07 พีพีเอ็ม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการทดสอบเมทาลินบลูเทสต์ ในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71, 5.72 และ 5.77 ชั่วโมง โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.53×10^5 , 0.38×10^5 และ 0.30×10^5 โคโลนี/มล. โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนจุลินทรีย์โคไลฟอร์มในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64×10^3, 0.60×10^3, 0.63×10^3 โคโลนี/มล. โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 2.9 แสดงการใช้เปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้นต่อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ

	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	20%	40%		
ปริมาณในน้ำนมดิบ					
ไธโอไซยาเนท (พีพีเอ็ม)	9.34[b]	11.30[a]	11.07[a]	0.49	0.0192
จุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ					
เมลิลีนบลู เทสต์ (ชั่วโมง)	5.71	5.72	5.77	0.07	0.9222
จุลินทรีย์รวม ($\times 10^5$ โคโลนี/มล.)	0.53	0.38	0.30	0.14	0.2239
จุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม ($\times 10^3$ โคโลนี/มล.)	0.64	0.60	0.63	0.22	0.9214

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean

2.2.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง

ผลของการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.10 สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนได้โดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1525, 1548 และ 1528 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนความต้องการโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก(RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่

ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ที่สามารถคำนวนได้จากสมการของ NRC (2001) พบว่าความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก(RDP_{sup}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1415, 1441 และ 1417 กรัม/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และการทดลองนี้โคนมได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก(RDP_{sup}) เกินความต้องการเท่ากับ 110, 106 และ 110 กรัม/วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 713, 747 และ 640 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่ได้รับ RUP_{sup} เท่ากับ 903, 914 และ 904 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และได้รับ RUP_{sup} เกินความต้องการ เท่ากับ 190, 168 และ 265 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

นอกจากนี้แล้วโปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีนเท่ากับ 1202, 1225 และ 1205 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และความต้องการโปรตีนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1043, 1003 และ 905 กรัม/วัน โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่างๆของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.11 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 20.41, 19.60 และ 18.30 Mcal/day โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และ 40% มีพลังงานต่ำกว่า ที่ระดับ 0% โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่าเท่ากับ 7.58, 7.24 และ 8.03 Mcal/day พบความแตกต่างที่เกิดขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 8.40, 8.03 และ 7.12 Mcal/day โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 2.60 , 2.60 และ 2.54 Mcal/day โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และพลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 18.57, 17.85 และ 14.79 Mcal/day โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) และพบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency) มีค่าเท่ากับ 0.91, 0.91 และ 0.81 Mcal/day พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2.10 ปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและตามความต้องการของโคนม

	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	**20%**	**40%**		
	(g/head/d)				
ความต้องการ RDP_{req}	1415	1441	1417	11.61	0.1872
(RDP_{sup}) จากอาหาร	1525	1548	1528	10.83	0.1874
ขาด/เกิน	110	106	110	1.10	0.1833
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน (MCP)	1202	1225	1205	9.86	0.1873
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด (MP_R)	1043	1003	905	33.97	0.1662
ความต้องการ RUP_{req}	713	747	640	57.52	0.0794
(RUP_{sup}) จากอาหาร	903	914	904	6.92	0.1870
ขาด/เกิน	190	168	265	54.94	0.2420

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุมคือกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% (หลักการคำนวนแสดงในภาคผนวก ก.)

ตารางที่ 2.11 พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร

	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น			SEM	P value
	0%	**20%**	**40%**		
	(Mcal/day**)**				
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_L intake)	20.41^{a}	19.60^{ab}	18.30^{b}	0.19	0.0001
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM})	7.58^{ab}	7.24^{b}	8.03^{b}	0.36	0.0586
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL})	8.40^{a}	8.03^{ab}	7.12^{b}	0.55	0.0473
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG})	2.60^{a}	2.60^{a}	2.54^{b}	0.01	0.0014
พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR})	18.57^{a}	17.85^{a}	14.79^{b}	0.60	0.0025
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency)	0.91^{a}	0.91^{a}	0.81^{b}	0.02	0.0572

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, $^{a, b}$ = Significantly different ($P<0.01$), กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20 และ 40% (หลักการคำนวนแสดงในภาคผนวก ก.)

เมื่อคำนวณถึงต้นทุนค่าอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ต่อการให้ผลผลิตน้ำนม โดยมี 3 กลุ่มการทดลองที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีปริมาณน้ำนมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.99, 11.67 และ 10.19 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบเฉลี่ยเท่ากับ 90.50, 87.66 และ 84.75 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ มีรายได้จากการขายน้ำนมดิบเท่ากับ 197.83, 192.55 และ 168.13 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ หักค่าใช้จ่ายจากต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบแล้วเหลือรายได้เท่ากับ 107.33, 104.89 และ 83.38 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.1**2**

ตารางที่ 5.12 ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ และผลกำไรขาดทุนจากการใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน (ราคา ณ กันยายน 2553)

รายการ	**ราคา/หน่วย**	**ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น**		
		0%	**20%**	**40%**
ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย/วัน/กก.	16.50	11.99	11.67	10.19
ต้นทุนค่าอาหาร/ตัว/วัน				
ข้าวโพดหมัก (น้ำหนักแห้ง)	1.60	27.20	26.17	25.08
อาหารข้น 0% เปลือกมันสำปะหลัง	7.54	63.30		
อาหารข้น 20% เปลือกมันสำปะหลัง	7.40		61.49	
อาหารข้น 40% เปลือกมันสำปะหลัง	7.26			59.67
รายได้จากการขายน้ำนมดิบ		197.83	192.55	168.13
ต้นทุนค่าอาหารข้น+อาหารหยาบ		90.50	87.66	84.75
กำไรขาด/ขาดทุน		107.33	104.89	83.38

2.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ และการประเมินคุณค่าทางพลังงานโดยการคำนวนจาก สมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารข้นและอาหารหยาบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและประเมินค่าพลังงานของอาหารที่ใช้ โดยการ คำนวนจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากอาหารข้นทั้ง 3 สูตร และมีข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และ 2.5 กล่าวคือพลังงาน TDN (%TDN), พลังงานย่อยได้ (DE_P), พลังงานการใช้

ประโยชน์ได้ (ME_P) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ที่ได้จากอาหารข้นในการทดลอง จะให้พลังงานในแต่ละประเภทที่ใกล้เคียงกัน และพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ใช้ทั้ง 3 สูตร มีค่าที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหารที่มีค่า 3.43, 3.27, 3.07 ตามลำดับพบว่าเป็นตามที่ NRC (2001) ได้แนะนำไว้คือไขมันปกติในสูตรอาหารควรจะมีประมาณ 3 - 4% ทั้งนี้เนื่องจากว่าการคำนวนสูตรอาหารคำนึงถึงค่าของโภชนะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก

2.3.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของโคนมเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมซึ่งจากการกินได้ของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร ก็พบว่า ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งและปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าเมื่อมีการเพิ่มเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งและปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในส่วนของปริมาณการกินได้ของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่ง Wanapat et al., (2000) รายงานไว้ว่าในโครีดนมที่ให้ผลผลิตจะมีความต้องการพลังงานที่สูงเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ผลผลิตน้ำนม โดยเฉพาะอาหารประเภทพลังงานซึ่งนับว่าเป็นแหล่งสำคัญของพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ ซึ่งการที่ลดระดับกากมันสำปะหลังแล้วชดเชยส่วนที่ลดด้วยเปลือกมันสำปะหลัง ส่งผลให้ปริมาณการกินได้ของพลังงานลดลงมีผลโดยตรงต่อการให้ให้ผลผลิตน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 2.5

2.3.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน) ปริมาณไขมันนม (กรัม/วัน) ปริมาณโปรตีนนม (กรัม/วัน) ปริมาณแล็คโตส (กรัม/วัน) ปริมาณของแข็งไม่รวมไขมัน (กรัม/วัน) ปริมารของแข็งรวมในน้ำนม (กรัม/วัน) และปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัม/วัน) ของโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.7 และ 2.8 จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณไขมันนม (กรัม/วัน) ปริมาณแล็คโตส (กรัม/วัน) ปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (กรัม/วัน) และปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัม/วัน) ที่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยพบว่าเมื่อมีการใช้เปลือกมันสำปะหลังในระดับที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลของการกินได้ของวัตถุแห้งและการกินได้ของพลังงานสุทธิที่ลดลง Gaynor et al. (1995) พบว่าโคนมที่ได้รับพลังงานสูงจะมีปริมาณผลผลิตน้ำนมสูงตาม ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้นจะเกิดการย่อยสลายพลังงานในกระเพาะหมักมากขึ้น ทำให้สามารถผลิตกรดไขมันได้มากขึ้นและส่งผลต่อการผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น

ส่วนเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

2.3.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของกลุ่มโคที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.9 พบว่าน้ำหนักของโคนมก่อนเริ่มทำการ

ทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 448, 433 และ 467 กิโลกรัม ส่วนน้ำหนักหลังสิ้นสุดการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 457, 444 และ 465 กิโลกรัมและ น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 308, 362 และ -75 กรัม/วัน ซึ่งพบว่าน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จะเห็นว่าในอาหารสูตรที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีการเปลี่ยนของน้ำหนักตัวที่ลดลง ซึ่งสาเหตุอาจเกิดมาจากการได้รับโภชนะที่มีในอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการทำให้ต้องมีการสลายไขมันที่สะสมไว้ในร่างกายเพื่อนำมาใช้สร้างเป็นพลังงานในการให้ผลผลิตส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง ซึ่งการวัดลักษณะนี้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายเนื่องจากความผันแปรของน้ำหนักอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีสูงถึง 10 - 20% ของน้ำหนักตัว (กังวาน, 2546)

2.3.5 ปริมาณไธโอไซยาเนท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ

การศึกษาผลของอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อจุลินทรีย์ในน้ำนม ที่มีต่อปริมาณไธโอไซยาเนต จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์มและการทดลองเมทาลินบลู เทสต์ ในน่ำนมดิบของโคนมที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังแห้ง 0%, 20% และ 40% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.10 ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไธโอไซยาเนตในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.34, 11.30 และ 11.07 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังแห้งที่ 20% และ 40% มีปริมาณของไธโอไซยาเนตที่สูงกว่าอาหารข้นที่ไม่มีการเพิ่มเปลือกมันสำปะหลังแห้ง โดยปริมาณไธโอไซยาเนตที่ได้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) โดย Wanapat et al. (2000) รายงานว่าแม่โครีดนมระยะกลางที่ได้รับอาหารที่มีระดับมันเส้นที่ 50% แล้วเสริมด้วยใบมันสำปะหลังแห้งเพื่อทดแทนอาหารข้นในระดับ 0, 1.0 และ 1.7 กิโลกรัม/ตัว/วัน ทำให้ระดับไธโอไซยาเนตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.3, 13.3 และ 17.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ศิริรัตน์ บัวผัน (2546) ได้ศึกษาการใช้มันเส้นในอาหารผสมเสร็จที่ระดับ 0, 12.6, 25.2 และ 37.7 % พบว่าทำให้มีปริมาณไธโอไซยาเนตในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ย 7.19, 8.72, 11.19 และ 11.62 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณมันเส้น ใบมันสำปะหลังแห้ง รวมไปถึงการเพิ่มเปลือกมันสำปะหลังแห้งในอาหารข้นล้วนทำให้ปริมาณของไธโอไซยาเนตเพิ่มขึ้น และปริมาณไธ โอไซยาเนตนี้เองทำไปมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำนมโดยไปกระตุ้นการทำงานของระบบ Lactoperoxidase

อย่างไรก็ตามปริมาณไธโอไซยาเนตที่เหมาะสมในการกระตุ้นการทำงานของระบบ Lactoperoxidase ที่มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีระดับ 10-15 พีพีเอ็มในน้ำนมดิบ (Reiter and Harmlv, 1984, Bjoerck, 1978; Dahlberg et al. 1984)

ผลการทดสอบ เมทาลิบบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.71, 5.72และ 5.77 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งจำนวนที่เกิดการเปลี่ยนสีของการทดลองมีค่าใกล้เคียงกลับ 6 ชั่วโมง แสดงว่าน้ำนมดิบมีคุณภาพดี มีจุลินทรีย์น้อย

จำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.53×10^5 , 0.38×10^5 และ 0.30×10^5 โคโลนี/มล. โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)ซึ่งน้อยกว่าของ ศิริรัตน์ บัวผัน (2546) ถึงผลของงการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารที่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ ที่ระดับ 0, 12.6, 25.2 และ 37.7 % พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบม่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40×10^5, 2.31×10^5 , 2.06×10^5 และ 1.48×10^5 โคโลนี/มล. ตามลำดับ และจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64×10^3 , 0.64×10^3 และ 0.63×10^3 โคโลนี/มล. ซึ่งน้อยกว่าของ ศิริรัตน์ บัวผัน (2546) ที่พบว่ามีจุลินทรีย์หลุ่มโคไลฟอร์มมี่ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45×10^3 , 4.34×10^3 , 3.21×10^3 และ 2.33×10^3 โคโลนี/มล. ตามลำดับ

จากการทดลองแม้ว่าการเพิ่มปริมาณเปลือกมันสำปะหลังแห้งในอาหารข้นจะทำให้ปริมาณไธโอไซยาเนตเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์มได้ ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณของไธโอไซยาเนทที่พบไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดส เนื่องจากระดับที่เหมาะสมของไธโอไซยาเนท และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาในระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 12 และ 8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (Reiter and Harmulv, 1984)

บทที่ 3
การศึกษาผลของการใช้การเปลือกมันสำปะหลังแห้งเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับโคนม ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

3.1.1 สัตว์ทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 3 x 3 Latin square โดยใช้โคเจาะกระเพาะ (Fistulated non-lactating dairy cows) ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชียน สายเลือดประมาณ 87.5% จำนวน 3 ตัว อายุเฉลี่ย 85 ± 28 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 476 ± 52 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกละ 1 ตัว มีน้ำและอาหารตลอดเวลา ให้อาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และอาหารหยาบ โดยจัดทรีทเมนต์ (Treatment) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การจัดผังการทดลองแบบ 3 x 3 Latin square

Period	Cow number		
	C1	C2	C3
1	T3	T2	T1
2	T1	T3	T2
3	T2	T1	T3

หมายเหตุ: C1 = Cow number 1, C2 = Cow number 2, C3 = Cow number 3, T1 = กลุ่มควบคุม (1 อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%), T2 = กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20 % และ T3 = กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40 %

3.1.2 อาหารทดลอง

กลุ่มการทดลองที่ 1 อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และข้าวโพดหมัก
กลุ่มการทดลองที่ 2 อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และข้าวโพดหมัก
กลุ่มการทดลองที่ 3 อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% และข้าวโพดหมัก

3.1.3 การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยการใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag)

ศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยการใช้ถุงไนล่อน (Nylon bag) โดยใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0, 20 และ 40% และอาหารหยาบได้แก่ ข้าวโพดหมัก โดยบ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Rumen degradability or *in sacco* digestibility) (∅rskov, Deb Hovell, and Mould, 1980; ∅rskov and McDonald, 1979)

3.1.4 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง ๆ ละ 14 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วง 2 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง โดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ความเป็นกรด-ด่าง (Rumen pH)

สุ่มเก็บตัวอย่าง Rumen fluid 50 ml ใส่บิกเกอร์ขนาด 100 ml วัดการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของกระเพาะหมักทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างโดยใช้ pH/Temperature meter

- แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (NH_3-N)

สุ่มเก็บตัวอย่าง Rumen fluid ปริมาตร 20 ml ใส่หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย 6 N HCl ปริมาตร 5 ml จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3000 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 ml ปิดด้วยฝาจุกเกลียวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนีย – ไนโตรเจน

- กรดไขมันระเหยได้ Volatile fatty acids (VFAs)

สุ่มเก็บตัวอย่าง Rumen fluid ปริมาตร 20 ml ใส่หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย 6 N HCl ปริมาตร 5 ml จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3000 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 ml ปิดด้วยฝาจุกเกลียวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค และกรดบิวทีริก ด้วยเครื่อง Gas Chromatographic (GC) (Ottenstein and Bartley, 1971)

- การตรวจนับจุลินทรีย์

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง Rumen fluid ปริมาตร 1 ml เติม 10% formaldehyde 9 ml เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (Total direct count) ได้แก่แบคทีเรีย (Bacteria) และโปรโตซัว (Protozoa) โดยใช้ Haemacytometer ขนาด 400 ช่อง (Haemacytometer มีขนาด กว้าง x ยาว x ลึก = 1 x 1 x 0.1 mm) โดยทำการนับแบคทีเรีย 20 ช่องเล็กในแนวทะแยงมุม โดยนับ 2 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ย ตามวิธีของ Galyean (1989) ส่วนโปรโตซัวทำการนับ 1 ช่องใหญ่ ในการนับใช้กล้อง

จุลทรรศน์ (Model CHSOLYMPUS) ใช้กำลังขยายดังนี้ แบคทีเรียใช้กำลังขยาย 400 เท่า โปรโตซัว ใช้กำลังขยาย 100 เท่า ทำการนับ 2 ซ้ำเช่นเดียวกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยของประชากร

3.2 ผลการทดลอง

3.2.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ของอาหารข้นจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้แก่ กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% และอาหารหยาบ ดังแสดงในตารางที่ 3.2 โดยอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารข้น พบว่ามีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดย *dg*DM ของอาหารอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 42.9% และอาหารข้นของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.1, 62.7 และ 62.2% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆ นี้ไปคำนวนโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald, (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 3.4 ค่าการละลาย (A) ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 27.3% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 31.0, 31.2 และ 35.8% ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 40.1% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 41.5, 42.8 และ 38.5% ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) วัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 67.43% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 72.5, 74.0 และ 74.3% ตามลำดับ และอัตราการย่อยสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 0.059% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 0.295, 0.315 และ 0.328% ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 การย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารข้นและอาหารหยาบ

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง									
	0 ชั่วโมง	**2 ชั่วโมง**	**4 ชั่วโมง**	**6 ชั่วโมง**	**12 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**	**48 ชั่วโมง**	**72 ชั่วโมง**	**96 ชั่วโมง**	***dg***[1/]
Degradability of DM					**(%)**					
ข้าวโพดหมัก	27.2	-	-	33.5	40.4	47.5	55.2	60.5	69.6	42.9
อาหารข้น (Cassava peel 0%)	30.7	45.6	53.3	66.7	70.4	72.3	73.5	-	-	63.1
อาหารข้น (Cassava peel 20%)	31.7	43.6	54.3	67.7	72.4	73.3	74.5	-	-	62.7
อาหารข้น (Cassava peel 40%)	35.7	42.6	57.3	68.7	70.9	74.3	75.8	-	-	62.2

หมายเหตุ: [1/]Effective degradability of dry matter

ตารางที่ 3.3 การย่อยสลายได้โปรตีนของอาหารข้นและอาหารหยาบ

วัตถุดิบ	CP									
	0 ชั่วโมง	**2 ชั่วโมง**	**4 ชั่วโมง**	**6 ชั่วโมง**	**12 ชั่วโมง**	**24 ชั่วโมง**	**48 ชั่วโมง**	**72 ชั่วโมง**	**96 ชั่วโมง**	***dg***[1/]
Degradability of CP					**(%)**					
ข้าวโพดหมัก	32.2	-	-	35.3	45.5	56.7	64.3	69.2	78.6	48.9
อาหารข้น (Cassava peel 0%)	31.1	44.6	60.4	72.7	74.2	78.5	77.9	-	-	66.4
อาหารข้น (Cassava peel 20%)	31.7	47.6	57.9	70.4	75.4	76.3	76.5	-	-	66.1
อาหารข้น (Cassava peel 40%)	35.7	47.3	56.8	69.2	73.9	75.3	75.8	-	-	65.1

หมายเหตุ: [1/]Effective degradability of crude protein

3.2.2 การย่อยสลายของโปรตีนรวมในกระเพาะหมักของอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ปริมาณโปรตีนรวมที่สลายตัวไปของอาหารทดลอง ณ ชั่วโมงต่างๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 พบว่า *dg*CP ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 48.9% และอาหารหยาบของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.4, 66.1 และ 65.1% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าโปรตีนรวมที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่าง ๆ นี้ไปคำนวนโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald, (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 3.4 ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนรวมของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 32.2% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 31.7, 32.2 และ 35.3% ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีนรวมของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 42.6% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 47.6, 45.9 และ 38.9% ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) วัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 74.8% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 78.0, 77.1 และ 74.2% ตามลำดับ และอัตราการย่อยสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 0.078% และอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่ม 0.318, 0.311 และ 0.259% ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารข้นในกระเพาะหมัก

Disappearance (%)	**ข้าวโพดหมัก**	**ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารข้น (%)**		
		0	**20**	**40**
DM degradability (%)				
A[1/]	27.3	31.0	31.2	35.8
B[2/]	40.1	41.5	42.8	38.5
C[3/]	0.059	0.295	0.315	0.328
A + B[4/]	67.4	72.5	74.0	74.3
Effective Disappearance (%)*	42.9	68.0	63.2	63.9
CP degradability (%)				
A[1/]	32.2	31.7	32.2	35.3
B[2/]	42.6	47.3	45.9	38.9
C[3/]	0.078	0.318	0.311	0.259
A + B[4/]	74.8	78.0	77.1	74.2
Effective Disappearance (%)*	48.1	65.9	66.7	65.4

หมายเหตุ : [1/]A = Water soluble extracted by cold water rinsing (0 hr bag), [2/]B = Degradability of water insoluble, [3/]c = Rate constant (fraction/hr), [4/]A + B = Potential degradability and * Outflow rate (fraction/hr) = 0.05

3.2.3 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

การใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน โดยให้โคได้รับอาหารข้นแต่ละสูตร และอาหารหยาบ กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.5 ที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ในกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 7.01, 6.20, 6.11 และ 6.19 ตามลำดับ กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีค่าเท่ากับ 6.45, 6.05, 5.92 และ 5.98 ตามลำดับ และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีค่าเท่ากับ 6.98, 6.61, 6.49 และ 6.51 ที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

3.2.4 ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ในโคเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง โดยให้โคได้รับอาหารข้นแต่ละสูตร และอาหารหยาบ กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ดังแสดงในตารางที่ 3.5 พบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ที่เวลา 0, 4 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ในกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) กับกลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก) และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ตามลำดับ

ตารางที่ 3.5 การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3- N) ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร

หลังการให้อาหาร (ชั่วโมง)	อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง (%)			SEM	P value
	0	20	40		
pH					
Hour 0	7.01	6.45	6.98	0.07	0.1138
Hour 2	6.20	6.05	6.61	0.24	0.6016
Hour 4	6.11	5.92	6.49	0.32	0.6850
Hour 6	6.19	5.98	6.51	0.36	0.7318
NH_3N		**(mg/dl)**			
Hour 0	9.58	10.57	10.27	0.28	0.3431
Hour 2	11.77[b]	13.74[a]	11.13[c]	0.08	0.0066
Hour 4	10.88	10.88	11.64	0.20	0.0987
Hour 6	9.85	10.67	10.74	0.39	0.3622

หมายเหตุ: [a, b, c] = Significantly different (P<0.01), SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40%

3.2.5 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFAs) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก ซึ่งปริมาณของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และอัตราส่วนอะซิติคต่อโพรพิออนิก ที่เวลาต่างๆ เมื่อได้รับอาหารสูตรทดลอง โดยให้โคได้รับอาหารข้นแต่ละสูตร และอาหารหยาบ กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ดังแสดงในตารางที่ 3.6 พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และอัตราส่วนอะซิติคต่อโพรพิออนิก ที่เวลาต่างๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 3.6 แสดงความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFA_s) ของของเหลวในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร

หลังการให้อาหาร (ชั่วโมง)	อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง (%)			SEM	P value
	0	20	40		
Acetate; C_2		**(mol/100 mol)**			
Hour 0	70.37	69.67	70.63	0.18	0.1720
Hour 2	69.63	69.93	69.70	0.27	0.2897
Hour 4	71.00	70.17	69.37	0.56	0.5445
Hour 6	69.60	69.77	69.27	0.16	0.1151
Propionate; C_3		**(mol/100 mol)**			
Hour 0	21.43	21.23	20.40	0.44	0.7543
Hour 2	21.27	21.07	21.03	0.35	0.3448
Hour 4	20.53	21.27	21.37	0.47	0.7790
Hour 6	21.90	21.37	21.40	0.50	0.7638
Butyrate; C_4		**(mol/100 mol)**			
Hour 0	8.23	8.90	9.00	0.39	0.9316
Hour 2	9.10	8.97	9.27	0.61	0.7418
Hour 4	8.53	8.50	8.76	0.53	0.5292
Hour 6	8.50	8.90	9.37	0.46	0.7452
C_2: C_3					
Hour 0	3.30	3.33	3.47	0.08	0.7500
Hour 2	3.30	3.33	3.33	0.05	0.3000
Hour 4	3.47	3.30	3.23	0.12	0.8750
Hour 6	3.17	3.27	3.27	0.07	0.5625

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40%

3.2.6 จุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก

จำนวนของแบคทีเรีย และจำนวนโปรโตซัวภายในกระเพาะหมัก ที่เวลาต่างๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ หลังการให้อาหาร

หลังการให้อาหาร (ชั่วโมง)	อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง (%)			SEM	P value
	0	20	40		
Bacteria (x 10^{10} cell/ml)					
Hour 0	3.63	4.68	4.06	0.91	0.7490
Hour 2	3.24	3.66	3.44	0.65	0.6148
Hour 4	2.88	2.92	3.36	0.98	0.4734
Hour 6	2.62	2.76	2.58	1.16	0.8589
Protozoa (x 10^{6} cell/ml)					
Hour 0	4.66	2.42	3.50	1.40	0.9787
Hour 2	2.58	2.33	2.92	0.78	0.7766
Hour 4	3.83	1.67	2.83	1.71	0.5478
Hour 6	2.50	1.42	3.17	0.92	0.6917

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (มีเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0%), อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40%

3.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

3.3.1 การย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ของอาหารหยาบและอาหารข้นกลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20 และ 40% ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบและอาหารข้นทั้ง 3 สูตร พบว่ามีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดย *dg*DM ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 42.9% และอาหารข้นของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63.1, 62.7 และ 62.2% ตามลำดับ ซึ่งพบว่าอาหารข้นกลุ่มควบคุมมีค่า *dg*DM สูงกว่าในอาหารข้นทั้ง 2 กลุ่มการทดลองที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเปลือกมันสำปะหลังมี NDF และ ADF สูงกว่ากากมันสำปะหลัง เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโมงต่าง ๆ นี้ไปคำนวนโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าการละลาย (A) ของ

อาหารหยาบ และอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0, 20 และ 40% สูงกว่าส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากในอาหารดังกล่าวมีส่วนของแป้งหรือความเป็นฝุ่นสูงทำให้ละลายน้ำได้เร็วมากกว่า จึงเป็นผลให้ค่า A สูงกว่าค่า B

3.3.2 การย่อยสลายของโปรตีนรวมในกระเพาะหมักของอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ปริมาณโปรตีนรวมที่สลายตัวไปของอาหารทดลอง ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 พบว่า *dg*CP ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 48.9% และอาหารข้นของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.4, 66.1 และ 66.1% ตามลำดับ ซึ่งอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0, 20 และ 40% มีค่า *dg*CP ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในมีองค์ประกอบเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงกัน เมื่อนำค่าโปรตีนที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโมงต่าง ๆ นี้ไปคำนวนโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าการละลาย (A) ของอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0, 20 และ 40% สูงกว่าส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ทั้งนี้อาจเกิดจากในอาหารดังกล่าวมีส่วนของโปรตีนที่สามารถละได้ได้เร็ว โดยเฉพาะในอาหารข้นมีการใช้ยูเรียเป็นส่วนประกอบ เมื่อยูเรียถูกน้ำจึงละลายได้เร็วมากกว่าจึงเป็นผลให้ค่า A สูงกว่าค่า B

3.3.3 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

การใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.5 โดยปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก คือ ค่า pH (Power of H^+) โดยค่า pH จะมีผลกระทบต่อทั้งสปีชีส์ และจำนวนประชาการของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของแบคทีเรีย (Moat and Foster, 1995) และมีผลต่อการดูดซึมโภชนะต่าง ๆ ผ่านผนังกระเพาะหมักด้วย (Church, 1979) สภาพภายในกระเพาะหมักที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือค่า pH อย่างระหว่าง 5.5-7.0 อุณหภูมิ 39-40°C (ฉลอง, 2541) ซึ่งจากการทดลองพบว่าที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง จากการใช้อาหารหยาบที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จากการทดลองเมื่อพิจารณาถึงค่า pH ตามเวลาหลังการให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่าค่า pH มีค่าลดลง เนื่องจากมีการผลิตกรดไขมันระเหยได้ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และจากกรดไขมันระเหยได้เป็นกรดไขมันที่ละลายน้ำได้ (Lipid soluble compounds) มีคุณสมบัติในการจับปล่อยโปรตอน (H^+) ได้ (Forbes and France, 1993) ดังนั้นเมื่อกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ระดับ pH จึงค่อย ๆ ลดลงด้วย โดย Russell (1991) และ Russell and Dombrowski (1980) สรุปไว้ว่า pH เป็นปัจจัยแรกในการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก กล่าวคือ ถ้า pH ต่ำจะทำให้มี Amylolytic และ *Acid tolerant bact*eria เพิ่มขึ้นแต่ถ้า pH สูงกว่า 6 จะทำให้จำนวน *Cellulolytic bacteria* เพิ่มขึ้นโดยให้เหตุผลว่า

pH มีความสัมพันธ์กับ Proton motive force ในปฏิกิริยา Uncoupler action ที่เซลล์เมมเบรนของแบคทีเรีย (Moat and Foster, 1995) ซึ่งจะส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนประจุ Cation และ Anion compounds ภายนอกและภายในเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน Merten and Loften (1980) รายงานว่าเมื่อเพิ่มปริมาณแป้งในสูตรอาหาร จะไปมีผลในการลดการทำงานของ *Cellulolytic bacteria* เมื่ออยู่ในสภาวะความเป็นกรดอันเนื่องมาจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตอย่างรวดเร็ว ซึ่งในการทดลองนี้ค่าเฉลี่ยของ pH ของของเหลวในกระเพาะหมักอยู่ในระดับที่ปกติเหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

3.3.4 ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ในโคเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.5 พบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ที่เวลาที่ 0, 4 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ในกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ทั้งนี้อาจเนื่องจากกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% ในสูตรอาหารข้นมีส่วนประกอบของกากมันสำปะหลังสูงถึง 40% ซึ่งทำให้ pH ในกระเพาะหมักลดต่ำลงทำให้มีการดูดซึมแอมโมเนียไนโตรเจนลดลง จึงมีสะสมในกระเพาะหมักอยู่สูงกว่าการใช้อาหารหยาบกลุ่มอื่น ๆ โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้น ณ เวลาที่ 2 ชั่วโมง หลังการให้อาหารแล้วค่อยๆ ลดลงที่เวลาที่ 4 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ และยังถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมัก

การดูดซึมแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักนั้น อัตราการเกิดจะเกิดได้เร็วเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักมากกว่า 7.5 และเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5-7.5 นั้น อัตราการดูดซึมแอมโมเนียจะช้าลง และแอมโมเนียจะถูกดูดซึมจากกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด และผ่านเข้าสู่ตับสู่วัฏจักรยูเรีย ซึ่งความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน ที่สามารถวิเคราะห์ในกระเพาะหมักนั้นมีความผันแปรมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เมธา (2533) รายงานความเข้มข้นไว้ คือ กรดอะมิโนอิสระ 0.1-1.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) แอมโมเนียไนโตรเจน อยู่ระหว่าง 0-13 mg% และมีโปรตีนไนโตรเจน (Protein-N) อยู่ระหว่าง 100-400 mg% Satter and Slyter (1974) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือ 5-8 mg/dl ส่วน Windschitl (1991) ที่ 11.8-18.3 mg/dl Mehrez et al. (1977) ที่ 15-20 mg/dl โดยความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารโดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักที่เหมาะสม (เมธา, 2533)

3.3.5 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFAs) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก ซึ่งปริมาณของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และอัตราส่วนอะซิติคต่อโพรพิออนิก ที่เวลาต่างๆ เมื่อได้รับอาหารสูตรทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.6 พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และอัตราส่วนอะซิติคต่อโพรพิออนิก ที่เวลาต่าง ๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมธา (2533) กล่าวว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค และสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อโพรพิออนิคที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65-70, 20-22 และ 1-4 mol/100 mol France and Siddons (1993) ระบุว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 70-130 mM/L การย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างภายในกระเพาะหมัก ได้แก่ Cellulose และ Hemicellulose ที่อยู่ในอาหารหยาบประมาณ 60% จะให้ผลผลิตเป็นกรดอะซิติค และกรดบิวทิริค ตามลำดับ (Murphy et al., 1982) และอัตราส่วนอะซิติคต่อโพรพิออนิค (C_2: C_3) ที่เวลาต่าง ๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในกลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ยของ C_2: C_3 เท่ากับ 3.30, 3.30, 3.47 และ 3.17 mol/100 mol ตามลำดับ กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีค่าเฉลี่ยของ C_2: C_3 เท่ากับ 3.33, 3.33, 3.30 และ 3.27 mol/100 mol ตามลำดับ และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีค่าเฉลี่ยของ C_2: C_3 เท่ากับ 3.47, 3.30, 3.23 และ 3.27 mol/100 mol ตามลำดับ จากปริมาณของกรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค และสัดส่วนของ C_2: C_3 สามารถที่จะบ่งบอกถึงการเกิดโรค Rumen acidosis ได้ จากการศึกษาของ Hutjens (1996) พบว่าในร่างกายโคเจาะกระเพาะปกติจะมีการผลิต C_2: C_3 ในอัตราส่วนที่มากกว่า 2.2: 1 แต่ถ้าผลิตในอัตราส่วนที่ต่ำกว่านี้จะส่งผลทำให้โคเกิดโรค Rumen acidosis ได้ หลังการให้อาหารจะมีการถูกดูดซึมกรดไขมันระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะหมัก ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ทั้งหมด (Forbes and France, 1993)

นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่ผลิตได้ ถ้ามีการเจริญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสูงก็จะสามารถผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ในสัดส่วนที่สูง (Preston and Leng, 1987) ทั้งนี้เนื่องจากมีกระบวนการหมักที่มีประสิทธิภาพ และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้นั้น มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ซึ่งสัดส่วนของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิออนิค จะมีอิทธิพลมาจากอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยสัตว์กินอาหารหยาบได้มากก็จะผลิตกรดอะซิติคได้สูง และสัตว์กินอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูง ก็จะผลิตกรดโพรพิออนิคได้สูง (Dado and Allen, 1995) แต่อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมักขึ้นอยู่กับอัตราในการผลิต และการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมัก ซึ่งอัตราการผลิตมีมากกว่าอัตราการดูดซึมก็จะมีการสะสมอยู่ในกระเพาะหมักมากขึ้น และกรดไขมันระเหยได้ยังมีผลต่อองค์ประกอบในน้ำนมด้วย ซึ่งกรดอะซิติคและบิวทิริค จะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม (Gransworthy, 1988) โดยไขมันในน้ำนมจะมีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันสาย

ยาว ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ในเยื่อบุไขมันของต่อมน้ำนม และจากอาหารโคความยาวของกรดไขมันสายยาวในน้ำนม ได้จากกรดไขมันระเหยได้ ที่เป็น Primer ได้แก่ เบต้าไฮดรอกซิบิวทิเรท และอะซิเตท โดยกรดบิวทิริคจะเพิ่มความยาวโดยการเพิ่มคาร์บอนทีละสองตัว (Elongation) ทำให้ได้กรดไขมันสายยาวในน้ำนม (ฉลอง, 2541)

3.3.6 จุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก

จำนวนของแบคทีเรีย และจำนวนโปรโตซัวภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3.6 โดยจำนวนของแบคทีเรียในกลุ่มควบคุม หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.63, 3.24, 2.88 และ 2.62 x 10^{10} cell/ml กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.68, 3.66, 2.92 และ 2.76 x 10^{10} cell/ml และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.06, 3.44, 3.36 และ 2.58 x 10^{10} cell/ml ทั้งนี้ความแตกต่างของอาหารและโภชนะที่สัตว์ได้รับ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรแบคทีเรียภายในกระเพาะหมัก โดยจำนวนแบคทีเรียในกระเพาะหมักมีประมาณ 10^{9}-10^{10} cell/ml (วิโรจน์, 2546) แบคทีเรียที่อยู่ในกระเพาะหมักมีอยู่มากและต่างสปีชีส์กัน อาจติดมากับอาหารหรือมาจากสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เนื่องจากในกระเพาะหมักเป็นระบบแบบไร้ออกซิเจน และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูง จึงทำให้แบคทีเรียที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอาหาร (Substrate) และมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมเท่านั้น ซึ่งแบคทีเรียในกระเพาะหมักสามารถแบ่งกลุ่มตามการใช้ประโยชน์ของอาหารหรือผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ เช่น Cellulolytic bacteria ได้แก่ *Bacteroides succinogenes, Ruminococcus flavefaciens* เป็นต้น หรือกลุ่มที่ใช้เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose digesting baacteria) ได้แก่ *Butyrivibrio fibrisolvens, Lachnosperia multiparens* และ *Bacteroides ruminicola* (เมธา, 2533)

ส่วนจำนวนโปรโตซัวภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ในกลุ่มควบคุม หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.66, 2.58, 3.83 และ 2.50 x 10^{6} cell/ml กลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.42, 2.33, 1.67 และ 1.42 x 10^{6} cell/ml และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50, 2.92, 2.83 และ 3.17 x 10^{6} cell/ml โดยโปรโตซัวจะมีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย โปรโตซัวส่วนใหญ่เป็นพวกมีขน (Ciliated protozoa) ซึ่งจะพบในกระเพาะหมัก (เมธา, 2533) โปรโตซัวจะพบในจำนวนน้อยกว่าแบคทีเรียมาก แต่คิดเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบในกระเพาะหมัก จำนวนโปรโตซัวในกระเพาะหมักมีประมาณ 10^{6} cell/ml (วิโรจน์, 2546) อย่างไรก็ตามมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่มีส่วนทำให้อัตราการเจริญเติบโต และจำนวนของจุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงในระยะใดระยะหนึ่ง เช่น ชนิดของอาหาร ลักษณะภูมิประเทศ ชนิดของสัตว์ ระยะการเจริญเติบโตของสัตว์ เป็นต้น (เมธา,

2533) ซึ่งจากการทดลองการเปรียบเทียบการใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง และข้าวโพดหมักอย่างเดียวนั้น ไม่มีผลทำให้จำนวนแบคทีเรียและโปรโตซัวในกระเพาะหมักเปลี่ยนแปลง อาจเป็นเพราะอาหารหยาบทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกันทางด้านองค์ประกอบทางเคมี หรือคุณค่าทางโภชนะก็อาจเป็นได้

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นและอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลองพบว่า พลังงาน TDN (%TDN) พลังงานย่อยได้ (DE_P) พลังงานการใช้ประโยชน์ได้ (ME_P) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ที่ได้จากอาหารข้นในการทดลอง จะให้พลังงานในแต่ละประเภทที่ใกล้เคียงกัน และพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ใช้ทั้ง 3 สูตร มีค่าที่ใกล้เคียงกัน อีกทั้งเปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหารที่มีค่า 3.43, 3.27, 3.07 ตามลำดับพบว่าเป็นตามที่ NRC (2001) ได้แนะนำไว้และเมื่อนำมาใช้เลี้ยงโครีดนมก็พบว่าเมื่อมีการเพิ่มเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งและปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในส่วนของปริมาณการกินได้ของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกัน และเมื่อมีการใช้เปลือกมันสำปะหลังในระดับที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณไขมันนม (กรัม/วัน) ปริมาณแล็คโตส (กรัม/วัน) ปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (กรัม/วัน) และปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (กิโลกรัม/วัน) ลดลง ทั้งนี้อาจเป็นผลของการกินได้ของวัตถุแห้งและการกินได้ของพลังงานสุทธิที่ลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมของโคที่ได้รับอาหารทั้ง 3 สูตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันและส่งผลต่อน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดโดยจะเห็นว่าในอาหารสูตรที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% มีการเปลี่ยนของน้ำหนักตัวที่ลดลง และการเพิ่มปริมาณเปลือกมันสำปะหลังแห้งในอาหารข้นจะทำให้ปริมาณไธโอไซยาเนตเพิ่มขึ้นและยับยั้งการเจริญเติบโตของจำนวนจุลินทรีย์รวมได้ แต่ว่า ในส่วนของจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ไม่มีการ ใช้เปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร พบว่าไม่สามารถยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มนี้ให้ลดลงได้

จากการศึกษาการใช้อาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานเลี้ยงโคเจาะกระเพาะ โดยให้โคได้รับอาหารหยาบเดียวกัน และอาหารข้นแตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม โดยที่การได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%, 20 และ 40% ศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมัก โดยอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารข้น พบว่ามีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา และพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่า *dg*DM สูงกว่าในอาหารข้นทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เมื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมัก พบว่าอาหารข้นที่แตกต่างกันนี้ไม่ทำให้ระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักแตกต่างกัน ซึ่งในการทดลองค่าเฉลี่ยของ pH ของของเหลวในกระเพาะหมักอยู่ในระดับที่ปกติเหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก พบว่าที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ในกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 20% มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงกว่าในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 40% ในการใช้อาหารข้นทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรด

ไขมันระเหยได้ และจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักในส่วนของแบคทีเรีย และโปรโตซัว อย่างไรก็ตาม การนำเปลือกมันสำปะหลังไปใช้ในสูตรอาหารข้นนั้นอาจมีข้อจำกัดการใช้ โดยจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ พบว่าสามารถใช้เปลือกมันสำปะหลังได้ไม่เกิน 20% ในสูตรอาหารข้นโดยไม่กระทบต่อการให้ผลผลิตของโคนม

ดังนั้นการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคนมเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ช่วยในการลดต้นทุนค่าอาหารข้นสำหรับโคนม และสามารถใช้ทดแทนวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่มีราคาสูงกว่า เช่น มันเส้น กากมันสำปะหลัง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของโคนม ซึ่งสามารถใช้ได้ในระดับไม่เกิน 20% แต่การใช้เปลือกมันสำปะหลังซึ่งมีระดับโปรตีนค่อนข้างต่ำ ดังนั้นควรที่จะใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นแหล่งโปรตีนร่วมด้วย เช่น กากถั่วเหลือง

เอกสารอ้างอิง

กังวาน ธรรมแสง. (2546). การประเมินคุณค่าทางอาหารของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด เพื่อทำนายผลผลิตของโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยของแก่น. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

พีรพจน์ นิติพจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. (2546). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของกากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลังโดยวิธี In vitro gas production technique. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2546. 27-28 มกราคม 2546 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มณฑา แก้วกิติพงษ์, ทศพร เหล็กชาย และภาดร กาญจนดุล. (2546). มันสำปะหลัง. สำนักพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 205 หน้า.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ. (2521). คู่มือการวิเคราะห์อาหารสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 162 หน้า.

เวียงสกุล นาประเสริฐ, กฤตพล สมมาตย์ และสุรเดช พลเสน. (2548). ผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ความสามารถในการย่อยได้ และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา) ปีที่ 5, ฉ. 2 หน้า 23-35.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2546). โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิริรัตน์ บัวผัน. (2546). ผลของการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารผสมเสร็จ ต่อปริมาณโซมาติกเซลล์ จุลินทรีย์อะฟลาท็อกซินและเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมโค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 66 หน้า.

สุรีย์วรรณ พันธ์นรา. (2549). ผลการใช้ใบมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารโคนมต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและไคโลฟอร์มในน้ำนมดิบ. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2552). โคนม-น้ำนมดิบ ปี 2552. http://www.oae.go.th

Adegbola, A.A. (1980). New feed resources for Nigerian livestock. Disc. Niger. Acad. Sci. 2(2): 50-63.

Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 1958-1624.

Andrews, S. M., Tyrrell, H. F., Reynolds, C. K., and Erdman, M. D. (1991). Net energy for lactation of calcium soaps of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. J. Dairy Sci. 74: 2588.

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., p. 1,879.

Banerjee, K. K., Marimuthu, P., Bhattacharyya, P. and Chatterjee, M. (1997). Effect of thiocyanate ingestion through milk on thyroid hormone homeostasis in women. British J. Nutrition. 78: 679-681.

Chen, X. B. (1996). An excel application programme for processing feed digestibility data. User manual, Rowett research institute, Bucksburn, Aberdeen, UK.

Christen, G.L., P.M. Davidson, J.S. McAllister, andL.A. Roth. (1992). Coliform and other indicator bacteria, pp. 247-269. *In* R.T. Marshall, ed. Standard Method for the Examination of Dairy Products. 16th ed. Port City Press, Baltimore

Church, D. C. (1979). Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. V. II. O & B Book, Inc., Corvalis Oregon. U.S.A.

Close, W. and K. H. Menke. (1986). Selected Topics in Animal Nutrition: A manual prepared for the 3rd Hohenheim course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropics. 2nd edition. University of Hohenheim. Germany. P 170.

Conrad, H. R., Weiss, W. P., Odwongo, W. O., and Shockey W. L. (1984). Estimating net energy lactation from components of cell soluble and cell walls. J. Dairy Sci. 67: 427-437.

Cosby, E.L. and J.B. Sumner. (1945). Rhodanese. Archives Biochem. 7:457-460

Crampton, E. W., Lloy L. E., and Mackay, V. G. (1957). The calorie value of TDN. J. Anim. Sci. 16: 541-552

Dado, R. C., and Allen, M. S. (1995). Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. J. Dairy Sci. 78: 118.

Devendra C,. (1977). Cassava as a feed source for ruminants. In: Nestle B and Graham M (eds), Cassava as animal feed. IDRC, Canada. 107-119.

Eyassu S., E.M. Buys, E.F. Donkin and I.M. Petzer. (2004). Antibacterial activity of the lactoperoxidase system against food – borne pathogen in Saanen and South African Indigenous goat milk. Food control 15 : 447 – 452.

Fonnesbeck, P. V., Wardeh, M. F., and Harris, L. E. (1984). Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. Utah Agricultual Eperimental Station Bulletin. No. 508.

Forbes, J. M. and France, J. (1993). Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Cambridge: The University Press. UK.

France, J., and Siddons, R. C. (1993). Volatile fatty acid production, In: Quantilitive Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism (Eds., J. M. Forbes and J. France). UK: C. A. B. International, Willing ford.

Galyean, M. (1989). Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. Department of Animal and Range Sciences. USA.: New Mexico State University.

Garnsworthy, P. C. (1988). Nutrition and Lactation in the Dairy Cows. Anchor-Brender Butterworths Press. Nottingham. England.

Garrett, W. N. (1980). Energy utilization by growing cattle as determined by 72 comparative slaughter experiments. Energy Metabolism. Proc. Symp. 26: 3-7

Houghtby, G. A., L. J. Maturin, and E. K. Koenig. (1992). Microbiological count methods. Pages 213–246 in Standard Methods for the Examination of Dairy Products. 15th ed. T. R. Marshall, ed. Am. Publ. Health Assoc., Inc., Washington, DC.

Hutjens, M. F. (1996). Rumen acidosis [On-line]. Available. http://dairynet.outreach.uiuc.edo.

Karen J., Losnedahl, Hong Wang, Mueen Aslam, Sixiang Zou and Walter L. Hurley. 1998. Antimicrobial factor in milk. The online resource for the dairy Industry. Illini dairy net

Mehrez, A. Z., Ørskov, E. R., and McDonald, I. (1977). Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nurt. 38: 437.

Merten, D. R., and Loften J. R. (1980). The effect of starch on forage fiber digestion kenetics in vitro. J. Dairy Sci. 63: 1437-1445.

Moat, A. G., and Foster, J. W. (1995). Microbial Physiology. Wiley-Liss Pulisher. New York. USA. 580 p.

Murphy, M. R., Baldwin, L. R. and Kung, L. AJ. (1982). Estimation of stoichiometric parameters for rumen fermentation of roughage and concentrate diets. J. Anim. Sci. 55: 411-421.

National Research Council. (1988). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 4th Ed. National Academy Press. Washington D.C.

National Research Council. (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th Ed. National Academy Press. Washington D.C

National Reseach Council. 2001. Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National academy press. Washington D.C. 340 p.

Nwokoro, S. O. and E. I. Ekhosuehi. (2005). Effect of Replacement of Maize with Cassava Peel in Cockerel Diets on Performance and Carcass Characteristics. Tropical Animal Health and Production. 37(6):495-501.

Ørskov, E. R., Deb, F. N., Hovell, and Mould, F. (1980). The use nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop. Anim. Prod. 5: 195-213.

Ørskov, E. R., and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. 92: 499-503.

Ottenstein, D. M., and Bartley, D. A. (1971). Improved gas chromatography separation of free acids C_3-C_4 in dilute solution. Anal. Chem. 43: 952.

Palmquist, D. L. (1991). Influence of source and amount of dietary fat pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ration and methane production in vitro. J. Dairy Sci. 81: 3222-3230.

Preston, R. R., and Leng, R. A. (1987). Matching Ruminant Production System with Available Feed Resources in the Tropic and Sub-tropic. Armidale: Penambul books. Australia.

Reiter, B., and Harnulv, G. (1984). Lactoperoxidase antibacterial system: natural occurrence. Biological functions and practical applications. J. Food Prod. 47: 724-732.

Romo, G. A., Casper, D. P., Erdman, R. A., and Teter, B. B. (1996). Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 79: 2005-2015.

Russell, J. B. (1991). Resistance of *Strecptococcus bovis* to acetic acid at low pH: relationship between intracellular pH and anion accumulation. J. App. Microbiol. 57: 255.

Russell, J. B., and Dombrowski, D. E. (1980). Effect of pH on the efficiency of growth of rumen bacteria in pure culture. J. App. Microbiol. 39: 604.

Satter, L. D., and Slyter, L. L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199.

Sommart, K. (1998). The use of cassava on ruminant feed. Ph.D. Thesis. University of Newcastle, Newcastle upon Tyne, England.

Statistical Analysis System. (1988). SAS Users' Guide: Statistics. NC: SAS Institute

Swift, B. W. (1957). The caloric value of TDN. J. Anim. Sci. 16: 1055-1059.

Tyrrell, J. F., and Reid J. T. (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. J. Dairy Sci. 48: 1215-1223.

Tyrrell, J. F., and Moe, P. W. (1975). Effect of intake on digestive efficiency. J. Dairy Sci. 58: 1151-1163.

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

Wanapat, M., A. Petlum and O.Pimpa. (2000). Supplementation of cassava hay to Replace concentrates use in lactating Holstein Friesian crossbreds. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:600-604.

Windschitl, M. D. (1991). Lactational performance of high producing dairy cow fed diets containing salmon meal and urea. J. Dairy Sci. 74: 3475-3485.

Wolfson, L.M. and S.S. Sumner. (1993). Antibacterial activity of the lactoperoxidase system: A review, Journal of Food Protection 56: 887-892.

ภาคผนวก ก

การประเมินคุณค่าทางพลังงานตาม NRC (2001)

การประเมินความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนม

1. การประเมินคุณค่าทางพลังงานตาม NRC (2001)

การประเมินคุณค่าทางพลังงานในอาหารสัตว์ตามระบบ NRC (2001) คือ ส่วนประกอบของโภชนะใด ๆ ในอาหาร ที่ให้พลังงานต้องนำมาคำนวณทั้งหมด โดยคำนวณออกมาในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN) ดังสมการ

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

เมื่อ td = Truly digestible

1.1. พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น Uniform feed fraction ที่มีค่า td ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับ Maintenance NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่าเถ้า โปรตีนหยาบ NDF_N และไขมันจาก 100 ที่ต้องการใช้ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อไม่ให้โปรตีนหยาบ ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้ง มิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

tdNFC = 0.98 (100 - [(NDF – NDICP) + CP + EE + Ash]) x PAF หรือ

tdNFC = 0.98 (100 - [(NDF + CP + EE + Ash]) x PAF

NDF_N = NDF – NDICP

NDICP = NDIN x 6.25

เมื่อ NFC = Non fiber carbohydrate

NDF = Neutral detergent fiber

NDIN = Neutral detergent insoluble nitrogen

PAF = Processing adjustment factor

1.2. พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (td) ของ Crude Protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ในพืชมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (Unheated concentrate) ค่า tdCP จะมีค่าประมาณ 1.0 (Fonnesbeck et al, 1984) อาหารที่ถูกความร้อนค่า tdCP จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของ CP และอัตราการถูกทำลายด้วยความร้อน (Heat damage) มีความสัมพันธ์กับ Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงคำนวณค่า tdCP ได้จาก ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์นี้ในอาหารข้นและอาหารหยาบมีไม่เท่ากันจึงต้องอาศัยสมการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

Truly digestible CP for forages (tdCPf)

tdCPf = CP x $\exp^{[-1.2 \times (ADICP/CP)]}$

Truly digestible CP for concentrates (tdCPc)

TdCPc = [1-(0.4 x (ADINCP/CP))] x CP

เมื่อ ADINCP = Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) x 6.25

1.3. พลังงานจากไขมัน

ค่า Ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้ง Triglycerides) Waxes, Pigment และอื่น ๆ อีกเล็กน้อย Palmquist (1991) แนะนำว่าในการหาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ Fatty acids (FA) มากว่าการวิเคราะห์ Ether extract (EE) ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ Uniform ในขณะที่ EE ไม่ Uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หา EE ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงยังคงนิยมวิเคราะห์ค่า EE อยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ 1.0% ของ DM ในอาหารเท่านั้น

FA	=	EE – 1.0	(Allen, 2000)
tdFA	=	FA	แต่ถ้าในกรณีที่ EE < 1, FA จะมีค่าเท่ากับ 0

1.4. พลังงานจาก NDF

NDF เป็นค่าที่ไม่ Uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (Potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ Uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 นอกจากนี้ Conrad, et al. (1984) ได้สร้างสมการประเมินค่า pdNDF โดยอาศัย Lignified surface area ทั้งนี้เพราะ Lignin ย่อยไม่ได้จึงควรนำมาหักลบออกจาก NDF เพื่อให้ได้ค่า Lignin-free NDF นอกจากนี้ Lignin ยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ Cellulose และ Hemicellulose จึงควรคำนวณหาค่าสัดส่วนของพื้นที่ผิด NDF ที่ถูกปกคลุมด้วย Lignin เพื่อนำมาหักลบออก ดังนี้ค่า pdNDF คำนวณได้จากสมการ

PdNDF = (NDF – Lignin) [1 – (Lignin/NDF) 0.667]

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ของ DM และ Lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF-Sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชแทบทุกชนิด แต่ใน By-product หลายชนิด อาจมีส่วนของ CP ปนมาในค่า NDF มากทำให้มีค่าNDF สูงเกินไปดังนั้นจึงควรวิเคราะห์ Nertral detergent insoluble nitrogen (NDIN) ด้วยเพื่อคำนวณหาค่า NDF ที่ปราศจาก N แล้ว (NDF_N) ดังนี้

NDF_N = NDF – NDICP

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP = NDIN x 6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ Maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

ฉะนั้น Truly digestible NDF (tdNDF) จะมีค่าดังสมการ

tdNDF = 0.75 (NDF_N – Lignin) [1 –(Lignin/ NDF_N) 0.667]

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อาหารสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากสัตว์ เช่น โปรตีนจากสัตว์ ซึ่งจะไม่มีส่วนของ Structural carbohydrates แต่จะมีส่วนของ Neutral detergent insoluble residue แต่ไม่ใช่เป็นส่วนของ Cellulose, Hemicelluloses หรือ Lignin ดังนั้นสมการข้างต้นจะใช้ไม่ได้ในกรณีนี้ต้องใช้สมการดังนี้

TDN_{1x} = (CPdigest x CP) + (FA x 2.25) + 0.98(100 – CP – Ash –EE) – 7

เมื่อ CP digest = estimated true digestibility of CP

เช่นเดียวกันกับกรณีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ ถ้าเป็นอาหารสัตว์จำพวกไขมันจะคำนวณค่า TDN_{1X} จากการวัดค่า Fatty acid digestibility

สำหรับแหล่งไขมันที่มีองค์ประกอบของ Glycerol:

TDN_{1X} = (EE x 0.1) + [FA digest x (EE x 0.9) x 2.25]

สำหรับแหล่งไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol:

TDN_{1X} = (EE x FA digest) x 2.25

1.5. การประมาณค่า DE

1) การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Maintenance

โดย Crampton et al. (1957) และ Swift (1957) คำนวณค่า GE value of TDN เท่ากับ 4.409 Mcal/kg อย่างไรก็ตามโภชนะแต่ละชนิดในอาหารมีค่า Heat of combustion ที่

แตกต่างกัน เช่น 4.2 Mcal/kg for carbohydrate, 5.6 Mcal/kg for CP, 9.4 Mcal/kg for fatty acid และ 4.3 Mcal/kg for glycerol

NRC (2001) ได้พัฒนาการคำนวณค่า DE โดยคำนวณจาก Estimated digestible nutrient concentration คูณด้วย Heat of combustion ของโภชนะนั้น ๆ และเนื่องจาก DE คำนวณจาก Apparent digestibility แต่สมาการคำนวณ TDN จากโภชนะต่าง 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} ได้จากสมการดังต่อไปนี้

สำหรับอาหารสัตว์ทั่วๆ ไป

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

สำหรับอาหารโปรตีนจากสัตว์

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

สำหรับอาหารไขมันที่มีองค์ประกอบของ Glycerol

DE_{1X} (Mcal/kg) = [9.4 x (FAdigest x 0.9 x (EE/100))] + [4.3 x 0.1 x (EE/100)]

สำหรับอาหารไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol

DE_{1X} (Mcal/kg) = [9.4 x (FAdigest x 0.9 x (EE/100))]

tdNFC, tdNDF, tdCP และ FA มีหน่วยเป็น %

2) การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

การย่อยได้อาหารของโคนมจะลดลง เมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้น (Tyrrell and Moe, 1975) ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าพลังงานของอาหารนั้น ๆ ลดลงเมื่อการกินได้เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในโครีดนมที่ให้น้ำนมมาก ๆ อย่างเช่นในปัจจุบัน ซึ่งอาจกินอาหารได้มากถึง 4 เท่าของการกินได้ที่ระดับ Maintenance การลดลงของ Digestibility เมื่อ Intake เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับ Digestibility of diet at maintenance (Wagner and Loosli, 1967) เมื่อการกินได้อาหารเพิ่มขึ้นอาหารที่มีค่า Digestibility of diet at maintenance สูงจะมีอัตราการลดลงของ Digestibility มากกว่าอาหารที่มีค่า Digestibility of diet at maintenance ตาม NRC (1988) ใช้ค่าคงที่ 4% ในการปรับ Energy value

at 1X to 3X maintenance ถ้าใช้วิธีการเดิมนี้ในการคำนวณ อาหารที่มี 75% TDN_{1X} จะมีค่า Discount 3% unit multiple of 1X ในขณะที่ อาหารที่มี 60% TDN_{1X} จะมีค่า Discount เท่ากับ 2.4% ถ้าอาหารมีค่า TDN_{1X} เท่ากับหรือน้อยกว่า 60% ค่า Discount จะมีค่าค่อนข้างน้อย NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้ในการคำนวณ % Discount

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

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 maintenance = 2

ตัวอย่างเช่น โครีดนมกินอาหารที่มี 74% TDN_{1X} ได้เป็น 3X maintenance ฉะนั้น Digestibility ควรจะเท่ากับ 0.918 เท่า ของ Digestibility ที่ 1X maintenance

3) การประมาณค่า ME ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

การประมาณค่า ME at production level of intake (ME_P) นั้นคำนวณจากค่า DE_P การคำนวณค่า ME จาก DE ใน NRC (1988) ใช้สมการ ME (Mcal/kg) = (1.01 x DE) – 0.45 อย่างไรก็ตามสมการดังกล่าวประเมินจากอาหารที่มีไขมันประมาณ 3% และเนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE จากไขมันเป็น ME นั้น มีค่าเกือบ 100% (Andrews et al., 1991; Romo et al., 1996) ดังนั้นสมการข้างต้นจะประมาณค่า ME ของอาหารที่มีไขมันสูงต่ำเกินไป 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 ทุก ๆ % Unit increase in EE above 3% ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ให้ใช้สมการเดิมที่แนะนำใน NRC (1988)

สำหรับ Fat supplements

ME_P (Mcal/kg) = DE_P(Mcal/kg)

1.6. การประมาณค่าพลังงานสุทธิ (Net energy, NE_L)

1) การประมาณค่า NE_L ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

NRC (1988) ใช้สมการ NE_L (Mcal/kg) = 0.0245 x (%TDN) – 0.12 ในการประมาณค่า NE_L สมการนี้ได้วิจารณ์อย่างมากเพราะถ้าอาหารมี TDN 40% (DE = 1.76 Mcal/kg) จะมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE เป็น NE_{L1X} เท่ากับ 0.49 แต่ถ้ามี TDN 90% (DE = 3.97 Mcal/kg) ประสิทธิภาพจะเป็น 0.53 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวการประมาณค่า NE_{LP} จาก ME_P NRC (2001) เลือกใช้สมการที่เสนอโดย Moe and Tyrrell (1972) แทนสมการเดิมที่ได้แนะนำไว้ใน NRC (1988)

NE_{LP} = [(0.703 x ME_P (Mcal/kg)] – 0.19 (Moe and Tyrrell, 1972)

สมการนี้ใช้ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ถ้าอาหารมีไขมันมากกว่า 3% จะต้องทำการปรับค่า Metabolic efficiency of fat โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 (Andrewes et al. 1991; Romo et al. 1996) เช่นเดียวกับการปรับค่า ME_P ของไขมันที่กล่าวมาแล้ว เพื่อชดเชยการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะได้ค่าเท่ากับ [(0.097 x ME_P) + 0.19]/97 ในการเพิ่ม NE_L ต่อ % unit increase in feed EE content above 3% ฉะนั้นสมการที่ใช้ คือ

NE_{Lp} = [(0.703 x ME_P) – 0.19] + [((0.0097 x ME_P)+ 0.19)/97) x (EE - 3)]

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

สำหรับ Fat supplements

NE_{LP} (Mcal/kg) = 0.8 x ME_P (Mcal/kg)

2) 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 ในอาหารนี้เป็นการประมาณที่ระดับการกินได้อาหาร 3X maintenance และคำนวณค่า ME เพื่อใช้ในสมการจากการคูณ DE_{1X} (ตามที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ด้วย 0.82 แทนค่า ME ตามสมการข้างล่างก็จะได้ค่า NE_M และ NE_G

NE_M = 1.37 ME - 0.138 ME2 + 0.0105 ME3 - 1.12

$$NE_G = 1.42\ ME - 0.174\ ME2 + 0.0122\ ME3 - 1.65$$

เมื่อ ME, NE_M และ NE_G มีหน่วยเป็น Mcal/kg

อย่างไรก็ตามสมการข้างต้นไม่เหมาะสำหรับใช้คำนวณค่า NE_M และ NE_G ของ Fat supplements ควรใช้ $ME_P = DE_P$ และใช้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME เป็น NE_L เท่ากับ 0.80 เพื่อเปลี่ยนME เป็น NE_M แต่ในการเปลี่ยน ME เป็น NE_G ใช้ประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเท่ากับ 0.55

2. ความต้องการพลังงานในโคนม

2.1. การจำแนกประเภทของพลังงาน (Partition of energy) การจำแนกพลังงานประเภทต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 พลังงานรวม หรือ Gross energy (GE) เป็นความเข้มข้นของพลังงานทั้งหมดในอาหารหรือในเนื้อเยื่อของสัตว์มีชื่อเรียกว่า ส่วนประกอบของอาหารที่ให้พลังงานได้แก่ ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีพลังงานอยู่โดยประมาณเท่ากับ 39, 24 และ 17.5 MJ/kgDM ตามลำดับ GE จึงผันแปรตามส่วนประกอบของเนื้อเยื่อต่าง ๆ แต่โดยทั่วไปแล้วอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมี GE อยู่ในช่วง 18-19 MJ/kgDM เมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปส่วนของ GE เพียงบางส่วนเท่านั้นจะถูกนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการสร้างเนื้อเยื่อและสร้างผลผลิตทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างการเกิดขบวนการย่อย (Digestion) และเมตาบอลิซึม (Metabolism) ภายในร่างกายจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไป

2.1.2 พลังงานย่อยได้ (Digestible energy, DE) เป็นส่วนแตกต่างระหว่าง GE ที่สัตว์กินเข้าไปกับพลังงานในอุจจาระ (Faecal energy, FE) พลังงานในอุจจาระเป็นส่วนหนึ่งของ GE ในอาหารที่ไม่ถูกย่อยการวัดพลังงานในอุจจาระวัดได้โดยการวัดปริมาณอุจจาระที่ขับถ่ายออกมา (kgDM) และวัดความเข้มข้นของพลังงานในอุจจาระโดยใช้ Bomb calorimeter กล่าวคือ

GE Intake – Faecal energy output = DE Intake

หรือ DE = GE – Faecal Energy

2.1.3 พลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolizable energy, ME) เป็นส่วนของ DE ที่ไม่ปรากฏในปัสสาวะและแก๊สมีเทน (ซึ่งผลิตขึ้นระหว่างการหมักย่อยในกระเพาะหมัก) กล่าวคือ DE เมื่อถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะเกิดการสลายตัวขณะเดียวกันจะมีพลังงานบางส่วนถูกขับออกภายนอก

ร่างกายโดยไม่ได้ใช้ประโยชน์ได้แก่พลังงานที่ขับออกทางปัสสาวะ (Urinary energy, UE) และพลังงานที่ขับออกในรูปแก๊ส (Gaseous หรือ Methane energy)

DE Intake – (Urinary energy + Methane energy) = ME Intake

ฉะนั้น ME intake สามารถคำนวณได้โดยการวัดค่า GE ในอาหารและวัดค่าพลังงานในอุจจาระ ปัสสาวะ และ Methane สำหรับ UE (Urinary energy) และ ME โดยปกติจะมีค่าเป็นสัดส่วนค่อนข้างคงที่กับ DE (~18%) ฉะนั้นจึงสามารถประมาณค่า ME ได้ดังนี้

ME = 0.82 DE

ความเข้มข้นของพลังงาน ME ที่ประกอบอยู่ใน GE มีชื่อเรียกว่า Metabolizability (q) หรือ หมายถึงส่วนของ ME ใน GE ของอาหารสัตว์

Q = ME/GE

2.1.4 พลังงานสุทธิ (Net energy) ในสัตว์ทุกชนิดรวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีความต้องการพลังงานระดับหนึ่ง เพื่อการดำรงชีพ (Reguirenent for mainternance) เพื่อการเจริญเติบโต (Requirement for growth) เพื่อสร้างผลผลิต (Requirenent for production) และเพื่อการสืบพันธุ์ (Requirenent for reprodution) พลังงานที่จะกล่าวกันในบทนี้จะเน้นถึงพลังงานใช้ประโยชน์ (Metabolisable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (Net energy, NE) ที่สัตว์ต้องการเพื่อการดังกล่าวข้างต้น

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

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

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

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

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

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

1) ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ (Net energy lactation requirement for maintenance)

ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพขึ้นอยู่กับกิจกรรมของตัวสัตว์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดรูปร่างและพันธุ์ การหา NE_M ของโคนมที่ให้นมสามารถหาได้จากสมการ $0.073LW^{0.75}$ (NRC, 1988) อย่างไรก็ตามในสมการดังได้มีการเผื่อในกิจกรรมบางส่วนอีก 10% ซึ่งจะได้สมการที่ใช้ในการหา NE_M คือ $0.08LW^{0.75}$ (NRC, 1988) มีการศึกษากับการเลี้ยงโคนมโดยการปล่อยเลี้ยงในทุ่งหญ้าโดยการเพิ่มระยะทางในการเดินของโคนม และพบว่าในทุ่งหญ้าที่มีหญ้าไม่สมบูรณ์อาจจะมีการเผื่อในการคำนวณต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพจาก 10% เป็น 20% ก็ได้ นอกจากกิจกรรมของตัวโคนมเองแล้วสิ่งแวดล้อมรอบตัวของโคนมนั้นก็มีผลต่อความต้องการพลังงานด้วยเช่นกัน

ในขณะที่โคสาวนั้นจะมีสมการในการหาความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ คือ

$$NE_M = 0.086LW^{0.75} \text{ (NRC, 1988)}$$

2) ความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโต (Net energy lactation requirement for growth)

NRC, (2001) ได้ปรับปรุงการประเมินความต้องการพลังงาน โดยยึดหลักการที่ว่าดัชนีบ่งชี้ถึงความต้องการพลังงานเพื่อการเจริญเติบโตควรจะเป็น Body condition score มากกว่าการใช้น้ำหนักตัวตาม NRC (1988) ฉะนั้นจึงควรใช้สมการดังต่อไปนี้ในการประเมินความต้องการพลังงานเพื่อการเพิ่มหรือลดน้ำหนักตัว

NE_{LGain} = Reserve energy x (0.64/075)

NE_{LLoss} = Reserve energy x (0.82)

ทั้งนี้เพราะ

- ประสิทธิภาพของการใช้ NE ในการสร้างน้ำนม 1 กิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 64%
- ประสิทธิภาพของการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมของโคนมในระยะให้น้ำนมนั้นมีค่าเท่ากับ 75%
- การสร้างน้ำนม 1 กิโลกรัมจะมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานจากน้ำหนักตัว 82%

เมื่อ Reserve energy = (proportion empty body fat x 9.4) + (proportion of empty body protein x 5.55)

Proportion 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

3) ความต้องการพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนม (Net energy lactation requirement for lactation)

ในการคำนวณพลังงานเพื่อการสร้างน้ำนมจะใช้องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม เช่น %Fat, %Protein และ %Lactose สำหรับประเมิน NRC (1988) ใช้สมการคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไขมันดังนี้ คือ

0.3512 + 0.0962 %Fat

นอกจากนี้ยังสามารถใช้สมการอื่นที่ดัดแปลงจาก Tyrell and Reid (1965) ซึ่งแนะนำไว้ใน NRC (2001) ดังนี้

ถ้าเราวิเคราะห์เฉพาะเปอร์เซ็นต์ไขมันนน้ำนมใช้สมการต่อไปนี้

$$NE_{LL} \text{ (Mcal/kg of Milk)} = 0.360 + (0.0969 \times \%Fat)$$

คำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไขมัน และโปรตีน

$$NE_{L} \text{ (Mcal/kg of Milk)} = (0.0929 \times \%Fat) + (0.0547 \times \%Protein) + 0.192$$

คำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไขมัน โปรตีน และแลคโตส

$$NE_{L} \text{ (Mcal/kg of Milk)} = (0.0929 \times \%Fat) + (0.0547 \times \%Protein) + (0.0395 \times \%Lactose)$$

3. ความต้องการโปรตีนในโคนม

3.1 การคำนวณโปรตีนในอาหาร

การคำนวณโปรตีนในอาหารจะสามารถทำได้โดยการหาประสิทธิภาพการย่อยได้ของอาหารโปรตีนจากวิธีการ Nylon bag technique

3.2 การคำนวณความต้องการโปรตีนในตัวโคนม

NRC (2001) ได้ปรับเปลี่ยนการประเมินความต้องการโปรตีนของโคนมโดยนำเสนอใหม่ในรูปของ Metabolizable protein (MP_R)

ดังสมการ $MP_R = MP_M + MP_G + MP_L$

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

1) Metabolizable protein requirement for maintenance (MP_M)

MP_M (g) = $MP_{UM} + MP_{SH} + MP_{MFP}$

MP_U คือ ความต้องการ MP สำหรับ Endogenous urinary protein (UPN)

MP_U = UPN/0.67

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

MP_U = $4.1 \times (\text{Live weight})^{0.5}$

MP_{SH} คือ ความต้องการ MP สำหรับ Scurf and hair (SPN; skin, skin secretion, hair)

MP_{SH} = SPN/0.67

SBW = 0.96BW

SPN = $0.2 \times (\text{Live weight})^{0.60}$

MP_{MFP} = $0.3 \times (\text{Live weight})^{0.60}$

MP_{MFP} คือ ความต้องการ MP สำหรับ Metabolic fecal protein

MP_{MFP} = MFP – (bacteria + bacterial debris in Cecum, large intestine + keratinized Cell + others)

MFP (g/day) = 30 x Dry Matter Intake (kg.)

MP_{MFP} = [(DMI x 30) – 0.50((Bact MP/0.8) – Bact MP)] + Endogenous MP/0.67

2) Metabolizable protein requirement for growth (MP_G)

MP_G (g/d) = NP_G/EffMP_NP_G

เมื่อ NP_G = SWG x (268 – (29.4 x (RE/SWG)))

RE = $0.0635 \times \text{EQEBW}^{0.75} \times \text{EQEBG}^{1.097}$

EQEBW = 0.891 x EQSBW

EQEBG = 0.956 x SWG

EQSBW = SBW x (478/MSBW)

MSBW = 500

SBW = 0.96BW

ถ้าน้ำหนักโค EQSBW (Equivalent shrunk BW) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 478 kg ใช้

$EffMP_NP_G$ = (83.4-(0.114 x EQSBW))/100

ถ้าน้ำหนักโค EQSBW (Equivalent shrunk BW) มากกว่า 478 kg ใช้

$EffMP_NP_G$ = 0.28908

3) Protein requirements for lactation (MP_L)

MP_L (g/d) = (Y Protein/0.67) x 1000

การคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Metabolizable protein (MP_R) ไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารจึงได้มีการแสดงในรูปของ Crude protein requirement (CP_R) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณจาก MP_R และ CP_R

MP_R จะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วย โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพราะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP)

นั่นคือ $MP_R = MP_{RUP} + MP_{Bact} + MP_{Endo}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crude protein, MCP) 85% ของ RDP และ MCP ที่จะเป็นโปรตีนแท้ (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80% ของ MTP

MCP = 0.85 RDP (NRC, 2001)

MTP = 0.8 MCP

DMTP หรือ MP_{RDP} = 0.8 MTP

MP_{Bact} = 0.64 MCP

การคำนวณหาความต้องการ MCP ในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (2001)

โดยที่	MCP		=	0.85 RDP
	RDP_R		=	MCP/0.85
	RDP_R		=	0.15294 x TDN_{Actual}
จากสมการ	MP_R		=	$MP_{RUP} + MP_{Bact} + MP_{Endo}$
หรือ	MP_{Bact}		=	$MP_R – MP_{RUP} - MP_{Endo}$
	MP_{Bact}		=	0.64 MCP
	MP_{Endo}		=	0.4 x 1.9 x DMI x 6.25

การคำนวณหาความต้องการ RUP

MP_{RUP}		=	$MP_R – (MP_{Bact} + MP_{Endo})$
0.8 RUP		=	total digest RUP
0.66 x total digest RUP		=	MP_{RUP}
Total digest RUP		=	$MP_{RUP}/0.66$
RUP_R		=	$MP_{RUP}/0.528$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ RUP จากสมการ

	CP_R	=	$RDP_R + RUP_R$

เมื่อ	NP_G	=	Net protein requirement for growth
	$EffMP_NP_G$	=	Efficiency of use of microbial protein for growth
	SWG	=	Shrunk weight gain
	RE	=	Retain energy
	EQEBG	=	Equivalent empty body weight gain
	EQSBW	=	Equivalent shrunk body weight
	EQEBW	=	Equivalent empty body weight
	SBW	=	Shrunk body weight
	WG	=	Weight gain