



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษานำเป็ลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหาร
หยาบหมัก สำหรับโคนมต้อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม

โดย นาย พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และคณะ

มีนาคม 2554

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหาร
หยาบห้มก สำหรับโคหมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม

ผู้วิจัย สังกัด

นาย พัทฒน์ เหลืองลาวัณย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5180259

ชื่อโครงการ: การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน นายพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อีเมล: pipat@sut.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: พฤษภาคม 2551 – มีนาคม 2554

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้ศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม และคุณภาพน้ำนม การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 1 การศึกษา และ 3 การทดลอง การศึกษาที่ 1 คือการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมัก ผลจากการศึกษาพบว่ามีความใกล้เคียงกับการรายงานไว้โดยนักวิจัยท่านอื่น ๆ การทดลองที่ 1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน โดยจัดการทดลองแบบ 5×3 Factorial in completely randomized design ซึ่งมีปัจจัย A เป็นสูตรอาหารหยาบหมัก 5 สูตร แต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่ระดับของเปลือกมันสำปะหลัง (0, 10, 20, 30 และ 40% โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ) และปัจจัย B เป็นระยะเวลาการหมัก (คือ 14, 21 และ 28 วัน) ผลการทดลองพบว่าอาหารหยาบหมักทั้ง 5 สูตร มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ NDF มีอิทธิพลร่วมระหว่างกับอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแอมโมเนียในโตรเจนของอาหารหยาบหมักจัดว่ามีคุณภาพดี และปริมาณของ HCN เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลัง และที่อายุการหมัก 14 วัน จะมีปริมาณ HCN สูงและลดลงตามระยะเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุดิบลดลงตามระยะเวลาการหมัก ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ Lactic acid สูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน และ Acetic acid เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ดังนั้นอาหารหยาบหมักในสูตรที่ 1 และ 4 ที่อายุการหมัก 14 วันขึ้นไป เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนม ต่อปริมาณน้ำนมและจุลินทรีย์ในน้ำนม โดยจัดโคนมลูกผสมโฮลส์ไตน์ฟรีเซียน จำนวน 24 ตัว ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 14.98 ± 2.24 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน จำนวนวันการให้น้ำนม 137 ± 53 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 380 ± 74 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ Randomized

complete block design (RCBD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 8 ตัว โดยได้รับอาหารชั้นสูตรเดียวกันทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่กลุ่มควบคุม คือได้รับอาหารหยาบข้าวโพดหมัก กลุ่มได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% จากการทดลองพบว่าเมื่อโคนมได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีผลทำให้ปริมาณการกินได้โปรตีนสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน แล็คโตส ของแข็งพร่องไขมัน ของแข็งรวมในน้ำนม และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และมีผลทำให้มีปริมาณไฮโดรไลเซาเทคในน้ำนมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ในการเลี้ยงโคนมทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อีกทั้งพบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ไม่มีผลต่อการยับยั้งจำนวนจุลินทรีย์รวม แบคทีเรียโคไลฟอร์ม และผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ในน้ำนมดิบ ซึ่งโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} เกินความต้องการ และได้รับ RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารชั้นและอาหารหยาบ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด และมีกำไรสูงสุดจากการขายน้ำนมดิบ

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโค ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก โดยใช้โคเจาะกระเพาะลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซียน สายเลือดประมาณ 87.5% จำนวน 3 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Latin square แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ให้โคได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกัน พบว่าอาหารหยาบทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จำนวนจุลินทรีย์ และกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก แต่พบว่าระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการทดลองสรุปว่าอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% เป็นแหล่งพลังงาน ที่อายุการหมัก 14 ชั่วโมง สามารถนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้

คำหลัก : เปลือกมันสำปะหลัง, อาหารหยาบหมัก, โคนม, ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบ, แหล่งพลังงาน

Abstract

Project Code: MRG5180259

Project Title: Studies of ensilage roughage production from cassava peel as energy source in dairy cows diet on milk yield, milk composition and milk quality

Investigator: Mr. Pipat Lounglawan

E-mail Address: pipat@sut.ac.th

Project Period: May 2008 – March 2011

Abstract: The present research aimed to study the ensiled roughage production from cassava peel as energy source in dairy cow diet on milk yield and milk quality. This study comprised two sections. The first section was conducted to determine the chemical composition and to evaluate energy values and ruminal degradability of cassava peel and other feed ingredients. The results of the study found that chemical composition, energy values and degradability of cassava peel and other feed ingredients were in the range reported by other researchers.

The latter section was designed to investigate in three experiments. The first experiment was carried out to investigate the chemical composition and to evaluate energy values and ruminal degradability of various ensiled roughages with varying ensiling times. The experimental design was 5 x 3 factorial in completely randomized design, which factor A was levels of cassava peel in 5 different formulated mixtures (0, 10, 20, 30 and 40% kg fresh weight) and factor B was time of ensilage (14, 21 and 28 day). The results showed that DM contents increased with increasing time of ensilage. The pH were higher in the ensiled roughages 1 and 4 than in ensiled roughages 2 and 3 whereas $\text{NH}_3\text{-N}$ content was in the range of good quality silage ($< 10\%$ of total N). The HCN concentrations were increased with increasing levels of cassava peel in the mixtures while HCN concentrations decreased with ensiling times. The DM degradability reduced with time of ensilage. Lactic acid decreased with increasing time of ensiling

while acetic acid increased with ensiling time. The best ensiled roughage mixtures were formula 1 and 4, and at 14 d of ensiling.

The second experiment was conducted to investigate the effect of feeding ensiled roughage containing cassava peel as energy source on milk production, milk composition and micro-organisms in milk. Twenty four Crossbred Holstein Friesians averaging 14.98 ± 2.24 kg of milk/d, 137 ± 53 DIM and 380 ± 74 kg liveweight, were assigned in a Randomized complete block design (RCBD) into three treatment groups with 8 cows in each group. The first group was fed concentrate and corn silage, the second group was fed concentrate and ensiled roughage containing no cassava peel and the third group was fed concentrate and ensiled roughage containing 30% cassava peel. The results showed that cows on 0% cassava peel consumed significantly more DM and net energy than those cows on corn silage and 30% cassava peel whereas cows on corn silage ate significantly more CP than cows on 0 and 30% cassava peel. Cows on corn silage had significantly higher milk fat and milk total solid contents than those cows on 0 and 30% cassava peel. There were no significant differences in liveweight change, thiocyanate content in milk, total plate count, coliform bacteria and methylene test in milk. RDP_{sup} were in excess while RUP_{sup} were inadequate in all treatments.

The third experiment was carried out to investigate the effect of feeding ensiled roughage containing cassava peel as energy source on change in rumen ecology. Three fistulated non-lactating Crossbred Holstein Friesian dairy cows were allocated in a 3 x 3 Latin Squares Design. There were no significant differences in rumen pH, concentrations of acetic acid and propionic acid, ratio of acetic acid to propionic acid, ruminal bacteria and protozoa population whereas ruminal NH_3-N concentration at 2 h post feeding was significantly higher in 2 group than in 1 and 3 groups.

It can be clearly concluded in the present study that cassava peel can be used as energy source in ensiled roughage mixtures for dairy cows. The level of cassava peel inclusion in roughage mixtures is 30% and time of ensiling is 14 days.

Keywords: cassava peel, dairy cattle, ensiled roughage, milk production and composition, energy source

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)
ทุนพัฒนาศักยภาพในการทำงานวิจัยของอาจารย์รุ่นใหม่

- 1. ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)** การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหาร
หยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและ
คุณภาพน้ำนม

(ภาษาอังกฤษ) Studies of ensilage roughage production from cassava peel as energy
source in dairy cows diet on milk yield, milk composition and milk
quality.

- 2. ชื่อหัวหน้าโครงการ** หน่วยงานที่สังกัด ที่อยู่ หมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุ
รนารี นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 044 – 224160 โทรสาร 044 – 224150

E-mail: pipat@sut.ac.th

- 3. สาขาวิชาที่ทำการวิจัย** โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง

- 6. ปัญหาที่ทำการวิจัย และความสำคัญของปัญหา**

การเพิ่มขึ้นของธุรกิจการเลี้ยงโคนมนี้จะส่งผลต่อความต้องการอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโค
นมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่และขาดการชลประทานสำหรับปลูกสร้างทุ่ง
หญ้าให้เพียงพอับความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม-พฤษภาคม) การขาด
แคลนอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น

นอกจากนี้ในสภาพปัจจุบันเกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ ทำให้วัตถุดิบอาหาร
สัตว์มีราคาแพง โดยเฉพาะวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง จึงได้มีการนำเอาผล
พลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร (Agro industrial by – products) เข้ามาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหาร
สัตว์ เช่น กากมันสำปะหลัง เปลือกมันสำปะหลัง เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น เปลือกมันสำปะหลัง
เป็นวัตถุดิบชนิดหนึ่งซึ่งพบว่าเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร
โคนม เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีเปลือกมันสำปะหลัง 3% ของมันสำปะหลัง
ทั้งหมดที่เข้าโรงงาน ซึ่งสามารถคิดเป็นปริมาณต่อปีได้ 552,000 ตัน

นอกจากปัญหาเรื่องของต้นทุนการผลิตแล้ว ปัญหาที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมอีก
อย่างหนึ่งนั่นคือ คุณภาพน้ำนมดิบ โดยเฉพาะเรื่องของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม เนื่องจาก
เกษตรกรบางพื้นที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์รับน้ำนมมากต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน และเกษตรกร

ส่วนใหญ่ไม่มีระบบทำความเย็นที่ฟาร์ม รวมทั้งการขนส่งนํ้านมดิบในปริมาณมาก เช่น ศูนย์รับนํ้านมดิบไปยังโรงงานแปรรูป ปัจจุบันมีการค้นพบว่าในนํ้านมมีเอนไซม์ที่เรียกว่า Lactoperoxidase ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษานํ้านมดิบที่อุณหภูมิห้องได้

มีรายงานว่า การใช้มันเส้นในสูตรอาหารนํ้านมในระดับที่สูงขึ้นมีผลให้ระดับของ Thiocyanate ในนํ้านมเพิ่มขึ้นได้ (ศิริรัตน์, 2546) wanapat et al., (2000) ได้ใช้ไขมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 0, 1.0 และ 1.7 ก.ก./วัน เสริมในอาหารโคนม พบว่ามีผลทำให้ Thiocyanate ในนํ้านมเพิ่มขึ้นจาก 5.3 ppm เป็น 13.3 และ 17.8 ppm ตามลำดับ ซึ่งการใช้ระบบ Lactoperoxidase อาจจะเป็นอีกหนทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการยืดอายุการเก็บรักษานํ้านมดิบให้คงคุณภาพไว้ได้นานขึ้น

แต่ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหาร โคนมยังมีน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นไปเพื่อแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารชั้น และต้นทุนในการผลิตอาหาร โคนมร่วมกับการศึกษาผลต่อคุณภาพนํ้านมของโคนมที่ได้รับเปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหาร

7. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางพลังงานของเปลือกมันสำปะหลัง
2. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่มีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมสำหรับโคนม
3. เพื่อศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน
4. เพื่อศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานต่อผลผลิตนํ้านมและคุณภาพของนํ้านมของโคนม

8. ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมักสำหรับโคนมต่อปริมาณนํ้านม และคุณภาพนํ้านม การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 1 การศึกษา และ 3 การทดลอง

การศึกษาที่ 1 คือการศึกษาค่าประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมัก ผลจากการศึกษาพบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่มีการรายงานไว้โดยนักวิจัยท่านอื่น ๆ การทดลองที่ 1 การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน โดยจัดการ

ทดลองแบบ 5 x 3 Factorial in completely randomized design ซึ่งมีปัจจัย A เป็นสูตรอาหารหยาบหมัก 5 สูตร แต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่ระดับของเปลือกมันสำปะหลัง (0, 10, 20, 30 และ 40% โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ) และปัจจัย B เป็นระยะเวลาการหมัก (คือ 14, 21 และ 28 วัน) ผลการทดลองพบว่าอาหารหยาบหมักทั้ง 5 สูตร มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก เปอร์เซ็นต์โปรตีน และ NDF มีอิทธิพลร่วมระหว่างกับอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ระดับความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแอมโมเนียในโตรเจนของอาหารหยาบหมักจัดว่ามีคุณภาพดี และปริมาณของ HCN เพิ่มขึ้นตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลัง และที่อายุการหมัก 14 วัน จะมีปริมาณ HCN สูง และลดลงตามระยะเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลงตามระยะเวลาการหมัก ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ Lactic acid สูงสุดที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน และ Acetic acid เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก ดังนั้นอาหารหยาบหมักในสูตรที่ 1 และ 4 ที่อายุการหมัก 14 วันขึ้นไป เหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ในการทดลองต่อไป

การทดลองที่ 1 การศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนม ต่อปริมาณน้ำนมและจุลินทรีย์ในน้ำนม โดยจัดโคนมลูกผสมโฮลสไตลน์ฟรีเซียนจำนวน 24 ตัว ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย 14.98 ± 2.24 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน จำนวนวันการให้น้ำนม 137 ± 53 วัน น้ำหนักเฉลี่ย 380 ± 74 กิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 8 ตัว โดยได้รับอาหารข้นสูตรเดียวกันทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่กลุ่มควบคุม คือได้รับอาหารหยาบข้าวโพดหมัก กลุ่มได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% จากการทดลองพบว่าเมื่อโคนมได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีผลทำให้ปริมาณการกินได้โปรตีนสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน แล็กโตส ของแข็งพร้อมไขมัน ของแข็งรวมในน้ำนม และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และมีผลทำให้มีปริมาณไรโอไซยานเทนในน้ำนมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ในการเลี้ยงโคนมทำให้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อีกทั้งพบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ไม่มีผลต่อการยับยั้งจำนวนจุลินทรีย์รวม แบคทีเรียโคไลฟอร์ม และผลการทดสอบเมทิลีนบลู เทสต์ในน้ำนมดิบ ซึ่งโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับ RDP_{sup} เกินความต้องการ และได้รับ RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด และมีกำไรสูงสุดจากการขายน้ำนมดิบ

การทดลองที่ 2 การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ตามอายุการเก็บรักษา ได้แก่อาหารหยาบหมักอายุ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือน ซึ่งจะได้ทั้งหมด 6 กลุ่มการทดลอง จากการทดลองพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักตามระยะเวลา 1 – 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าที่ได้คำนวณไว้ก่อนการทดลอง ส่วน NDF และ ADF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวอยู่ในระดับที่เหมาะสมตาม NRC (1988) แนะนำ แต่ระดับความเป็นกรด – ด่าง มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยได้มีปริมาณค่อนข้างแปรปรวนในแต่ละระยะเวลาการหมัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการให้คะแนนตัดสินคุณภาพอาหารหยาบหมัก ซึ่งมีคะแนนอยู่ในระดับเดียวกันทั้ง 6 เดือน ดังนั้นการเก็บรักษาอาหารหยาบหมัก สามารถเก็บไว้ได้นาน ไม่น้อยกว่า 6 เดือน ทั้งนี้ต้องไม่มีการฉีกขาดของภาชนะที่ใช้ในการบรรจุ

การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโค ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก โดยใช้โคเจาะกระเพาะถูกผสมพันธุ์ไฮสโตน์ฟรีเซียน สายเลือดประมาณ 87.5% จำนวน 3 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Latin square แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ให้โคได้รับอาหารหยาบที่แตกต่างกัน พบว่าอาหารหยาบทั้ง 3 ชนิด ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) จำนวนจุลินทรีย์ และกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก แต่พบว่าระดับแอมโมเนียในโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ที่เวลา 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) จากการทดลองสรุปว่าอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% เป็นแหล่งพลังงาน ที่อายุการหมัก 14 ชั่วโมง สามารถนำมาใช้เลี้ยงโคนมได้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

ในสภาพปัจจุบันธุรกิจการเลี้ยงโคนมภายในประเทศกำลังกลับมาได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก อีกทั้งทางภาครัฐบาลยังได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรมีการเลี้ยงโคนมตามนโยบายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 (2550-2554) ที่มุ่งพัฒนาการเกษตรตามแนวทฤษฎีคู่ขนาน (Dual track economy) โดยพัฒนาเศรษฐกิจจากหญ้าควบคู่ไปกับการพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อการแข่งขัน เน้นเกษตรกรเป็นศูนย์กลางและเพื่อทดแทนการนำเข้านมจากต่างประเทศเป็นมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (2550) รายงานว่าจำนวนโคนมทั้งประเทศ 85,244 ตัว ผลผลิตน้ำนม 119,044,452.77 กิโลกรัมต่อปี อัตราการบริโภคน้ำนม 9.67 กิโลกรัม/คน/ปี ซึ่งอัตราการบริโภคของนมและผลิตภัณฑ์นมของประเทศเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของธุรกิจการเลี้ยงโคนมนี้อาจส่งผลต่อความต้องการอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีพื้นที่และขาดการชลประทานสำหรับปลูกสร้างทุ่งหญ้าให้เพียงพอต่อความต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง (ธันวาคม-พฤษภาคม) การขาดแคลนอาหารหยาบสำหรับใช้เลี้ยงโคนมจะยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น

นอกจากนี้ในสภาพปัจจุบันเกิดปัญหาการขาดแคลนอาหารหยาบ โดยเฉพาะหญ้าสด เนื่องจากมีการถือครองพื้นที่ในการปลูกหญ้าลดน้อยลง ทำให้อาหารหยาบไม่เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ แม้จะมีการนำฟางข้าวมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์ แต่ยังพบว่าคุณค่าโภชนาต่ำ ประกอบกับวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาแพงขึ้น โดยเฉพาะวัตถุดิบแหล่งพลังงาน เช่น ข้าวโพด และมันสำปะหลัง จึงได้มีความสนใจที่จะผลิตอาหารหยาบหมักคุณภาพดี โดยการนำเอาผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเกษตร (Agro industrial by – products) เข้ามาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยใช้เปลือกข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ และใช้เปลือกมันสำปะหลัง กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งเปลือกมันสำปะหลังพบว่าเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโค เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีเปลือกมันสำปะหลัง 3% ของมันสำปะหลังทั้งหมดที่เข้าโรงงาน ซึ่งสามารถคิดเป็นปริมาณต่อปีได้ 552,000 ตัน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2552) คาดการณ์ว่าในปี 2553 ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง 30.31 ล้านตัน

นอกจากปัญหาเรื่องของต้นทุนการผลิตแล้ว ปัญหาที่มีความสำคัญต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมอีกอย่างหนึ่งนั่นคือ คุณภาพน้ำนมดิบ โดยเฉพาะเรื่องของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำนม เนื่องจาก

เกษตรกรบางพื้นที่อยู่ห่างไกลจากศูนย์รับน้ำมันมากต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งนาน และเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีระบบทำความเย็นที่ฟาร์ม รวมทั้งการขนส่งน้ำมันดิบในปริมาณมาก เช่น ศูนย์รับน้ำมันดิบไปยังโรงงานแปรรูป ปัจจุบันมีการรายงานว่าในน้ำมันมีเอนไซม์ที่เรียกว่า Lactoperoxidase ซึ่งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาน้ำมันดิบที่อุณหภูมิห้องได้

มีรายงานว่า การใช้มันเส้นในสูตรอาหารโคนมในระดับที่สูงขึ้นมีผลให้ระดับของ Thiocyanate ในน้ำมันเพิ่มขึ้นได้ (ศิริรัตน์ บัวผัน, 2546) การศึกษา Metha Wanapat, Anan Petlum, and Opart Pimpa (2000) ได้ใช้ไขมันสำปะหลังแห้งที่ระดับ 0, 1.0 และ 1.7 กิโลกรัมต่อวัน เสริมในอาหารโคนม พบว่ามีผลทำให้ Thiocyanate ในน้ำมันเพิ่มขึ้นจาก 5.3 พีพีเอ็ม เป็น 13.3 และ 17.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งการใช้ระบบ Lactoperoxidase อาจจะเป็นอีกหนทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการยืดอายุการเก็บรักษาน้ำมันดิบให้คงคุณภาพไว้ได้นานขึ้น

แต่ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหารโคนมยังมีน้อยมาก ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินไปเพื่อแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลัง เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้น และต้นทุนในการผลิตอาหารโคนมร่วมกับการศึกษาผลต่อคุณภาพน้ำมันของโคนมที่ได้รับเปลือกมันสำปะหลังเป็นอาหาร

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางพลังงานของเปลือกมันสำปะหลัง

1.2.2 เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่ระดับการเสริมในอาหารที่แตกต่างกัน และมีคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมสำหรับโคนม

1.2.3 เพื่อศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของระยะเวลาเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานต่อผลผลิตน้ำนม คุณภาพของน้ำนมในโคนม และต้นทุนการผลิตอาหารหยาบหมักในการเลี้ยงโคนม

1.2.5 เพื่อศึกษาผลของการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังในอาหารโค ต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสามารถนำมาใช้เป็นอาหารโคนมได้

1.3.2 อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า 6 เดือน โดยไม่ส่งผลต่อคุณภาพของอาหารหยาบหมัก

1.3.3 อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานมีผลต่อปริมาณน้ำนมคุณภาพของน้ำนมในโคนม และลดต้นทุนค่าอาหารหยาบได้

1.3.4 การใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหาร ไม่ส่งผลทำให้โคนมเกิดการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงผลการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารหยาบหมักสำหรับเลี้ยงโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสโตน์ฟรีเซียนทดแทนอาหารหยาบคุณภาพดี ในช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ ต่อปริมาณน้ำนม จุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ และการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกมันสำปะหลังเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการประกอบสูตรอาหารหยาบหมัก

1.5.2 เพื่อใช้เป็นแนวทางและพื้นฐานในการศึกษาและวิจัยด้านโภชนาศาสตร์โคนม

1.5.3 ทราบปริมาณไรโอโซซานเตในน้ำนมของโคนมที่กินอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบเพื่อศึกษาผลของการยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ

1.5.4 ได้ทราบถึงระยะเวลาการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

1.5.5 ได้ทราบถึงผลของการใช้เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารหยาบหมักต่อการให้ผลผลิตน้ำนม คุณภาพของน้ำนมในโคนม และลดต้นทุนค่าอาหารหยาบได้ เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดี และชะลอการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ

1.5.6 ได้ทราบถึงผลของการใช้มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารหยาบหมักต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก เพื่อนำอาหารหยาบหมักไปใช้ในการเลี้ยงโคนม

บทที่ 2

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

2.1. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1.1 ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารหยาบหมัก (เปลือกข้าวโพด กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) (AOAC, 1990)

แหล่งเชื้อเื้อ

- เปลือกข้าวโพด บ. นากลาง ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา

แหล่งพลังงาน

- เปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง บริษัท อุตสาหกรรมแป้งมันโคราช จำกัด ต. หนองจะบก อ.เมือง จ. นครราชสีมา
- กากน้ำตาล โรงงานอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แหล่งโปรตีน

- กากเบียร์ สหกรณ์โคนมมวกเหล็ก จำกัด ต. มิตรภาพ อ. มวกเหล็ก จ. สระบุรี
- ยูเรีย โรงงานอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.1.2 นำตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารหยาบหมัก (เปลือกข้าวโพด กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) มาบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี

2.1.3 นำตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารหยาบหมัก (เปลือกข้าวโพด กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven, โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer, ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto, เชื้อเื้อหยาบ (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์เชื้อเื้อโดย Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) ได้แก่ เชื้อเื้อที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เชื้อเื้อที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยใช้เครื่อง Fibertec auto analyzer

2.1.4 นำตัวอย่างเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารหยาบหมัก (เปลือกข้าวโพด, กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) มาศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนลอน (Nylon bag technique) บ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Rumen degradability or in sacco digestibility) (Ørskov, Deb Hovell, and Mould, 1980) โดยการนำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ มาบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร และถุงไนลอนที่ใช้ในการทดลองมีรูพรุนของถุง $47\ \mu\text{m}$ นำไปบดที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบประมาณ 5-6 กรัม ใส่ลงในถุงไนลอน ทำการซั้งและบันทึกน้ำหนักไว้ แล้วหลังจากนั้นนำถุงไนลอนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วนำมาร้อยติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 90 เซนติเมตร นำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ โดยให้สายพลาสติกอยู่ในส่วนที่ลึกที่สุดของกระเพาะหมัก และให้แต่ละถุงมีระยะเวลาการบ่มอยู่ในกระเพาะหมักต่างกันดังนี้ คือ 0, 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 โดยใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว และให้ถุงที่ใส่ในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ

โคเจาะกระเพาะเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ ฟรีเซียน (Holstein Friesian) สายเลือดประมาณ 87.5% ได้รับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ แบบเต็มที (Adlibitum) และอาหารข้นสำเร็จรูป 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน เมื่อบ่มถุงไนลอนในกระเพาะหมักของโคได้ตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบตามเวลาที่กำหนดแล้ว นำถุงทั้งหมดมาล้างผ่านน้ำจนสะอาดหลังจากนั้นนำถุงไนลอนทั้งหมดมาอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมง และนำไปซั้งเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง และนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายในถุงไนลอนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยทำการรวมตัวอย่างจากโคตัวที่ 1, 2 และ 3 เข้าไว้ด้วยกัน จากนั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาดังกล่าวของวัตถุแห้ง และไนโตรเจนมาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายได้ต่อไป

นำค่าสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายไปในระยะเวลาดังกล่าว ที่นำถุงออกมาจากกระเพาะหมักมาคำนวณโดยใช้สมการที่แนะนำโดย (Ørskov and McDonald, 1979)

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

เมื่อ	dg	= Effective rumen degradability
	a	= Water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)
	b	= Potentially degrade N, other than water soluble N
	c	= Fraction rate of degradation of feed N per hour
	t	= hour

การคำนวณค่าปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนที่ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่างๆ มาคำนวณอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Chen, 1996) ตามสมการดังนี้

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

เมื่อ	dg	= Effective rumen degradability
	a	= Water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)
	b	= Potentially degrade N, other than water soluble N
	c	= Fraction rate of degradation of feed N per hour
	k	= Fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้วสามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) ได้ตามสมการนี้

$$RDP = CP \times dg$$

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

2.2 ผลการทดลอง

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยวิธีการ Proximate analysis และ Detergent analysis ในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าในกากมันสำปะหลัง แต่ในเปลือกมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของเปอร์เซ็นต์เถ้า, NDF และ ADF ในปริมาณที่สูง ส่วนเปลือกข้าวโพดพบว่ามีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูง (94.07%) และไขมันต่ำ (0.92%) และในกากเบียร์มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมันสูง (33.17 และ 7.32% ตามลำดับ) ส่วนเปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังมีปริมาณ HCN เท่ากับ 399.01 และ 211.74 พีพีเอ็ม ตามลำดับ

2.2.2 การประเมินคุณค่าทางพลังงานในเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

เมื่อนำผลการวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากตารางที่ 2.1 มาคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) จะได้ค่าพลังงานของเปลือกมันสำปะหลัง แต่วัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีค่าพลังงานการย่อยสลายได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และค่าพลังงานสุทธิ (NE_p) ต่ำกว่าในกากมันสำปะหลัง และในกากมันสำปะหลังมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) สูงกว่าในเปลือกมันสำปะหลัง ส่วนกากเบียร์และเปลือกข้าวโพดมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) เท่ากับ 65.77 และ 38.36% ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean $\pm$ SD)

เปอร์เซ็นต์วัตถุ แห้ง	วัตถุดิบ			
	เปลือกมันสำปะหลัง	กากมันสำปะหลัง	เปลือกข้าวโพด	กากเบียร์
วัตถุแห้ง	25.19 $\pm$ 0.36	22.97 $\pm$ 0.82	94.07 $\pm$ 0.04	91.23 $\pm$ 0.06
โปรตีน	1.04 $\pm$ 0.18	2.03 $\pm$ 0.16	1.83 $\pm$ 0.06	33.17 $\pm$ 6.92
ไขมัน	1.92 $\pm$ 0.82	0.13 $\pm$ 0.10	0.92 $\pm$ 0.20	7.32 $\pm$ 0.82
เถ้า	17.66 $\pm$ 1.76	7.38 $\pm$ 0.62	2.50 $\pm$ 0.12	4.80 $\pm$ 0.01
เยื่อใย	10.79 $\pm$ 0.48	12.28 $\pm$ 0.98	34.27 $\pm$ 2.50	13.11 $\pm$ 0.10
NDF	70.97 $\pm$ 0.04	61.36 $\pm$ 0.01	85.85 $\pm$ 2.74	50.31 $\pm$ 2.48
ADF	18.73 $\pm$ 1.62	14.68 $\pm$ 0.14	38.73 $\pm$ 0.46	16.65 $\pm$ 0.64
ADL	7.15 $\pm$ 0.24	5.16 $\pm$ 1.28	15.85 $\pm$ 0.24	9.18 $\pm$ 0.24
NFC	3.41 $\pm$ 0.44	24.81 $\pm$ 1.72	9.70 $\pm$ 2.44	8.62 $\pm$ 5.38
NDIN	0.35 $\pm$ 0.01	0.21 $\pm$ 0.02	0.16 $\pm$ 0.01	0.70 $\pm$ 0.04
NDINCP	2.20 $\pm$ 0.06	1.33 $\pm$ 0.08	0.99 $\pm$ 0.01	4.39 $\pm$ 0.24
ADIN	0.19 $\pm$ 0.02	0.37 $\pm$ 0.02	0.15 $\pm$ 0.02	0.55 $\pm$ 0.02
ADINCP	1.18 $\pm$ 0.10	2.31 $\pm$ 0.12	0.93 $\pm$ 0.06	3.44 $\pm$ 0.10
HCN (ppm)	399.01 $\pm$ 10.16	211.74 $\pm$ 5.92	-	-

หมายเหตุ: ADF = Acid-detergent fiber, ADL=Acid-detergent lignin, ADIN=Acid-detergent insoluble nitrogen, ADINCP=Acid-detergent insoluble crude protein, NDF=Neutral-detergent fiber, NDIN = Neutral-detergent insoluble nitrogen, NDICP=Neutral-detergent insoluble crude protein, NFC = non fiber carbohydrate, HCN = Hydrocyanic acid

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางพลังงานของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean $\pm$ SD)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	วัตถุดิบ			
	เปลือกมัน สำปะหลัง	กากมันสำปะหลัง	เปลือกข้าวโพด	กากเบียร์
TDN _{IX} (%) ^{1/}	42.05 $\pm$ 2.94	52.17 $\pm$ 2.60	38.36 $\pm$ 1.70	65.77 $\pm$ 1.62
DE _{IX} (Mcal/kg) ^{2/}	1.88 $\pm$ 0.04	2.08 $\pm$ 0.14	1.58 $\pm$ 0.06	3.80 $\pm$ 0.26
DE _p (Mcal/kg) ^{3/}	2.12 $\pm$ 0.08	2.16 $\pm$ 0.10	1.86 $\pm$ 0.02	3.62 $\pm$ 0.22
ME _p (Mcal/kg) ^{4/}	1.69 $\pm$ 0.08	1.72 $\pm$ 0.10	1.43 $\pm$ 0.02	3.21 $\pm$ 0.22
NE _{LP} (Mcal/kg) ^{5/}	1.00 $\pm$ 0.06	1.02 $\pm$ 0.08	0.81 $\pm$ 0.02	2.07 $\pm$ 0.16
หมายเหตุ: ^{1/} TDN _{IX} (%) = $\text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 25.25) + \text{tdNDF} - 7$				
^{2/} DE _{IX} (Mcal/kg) = $((\text{tdNFC}/100) \times 4.2) + ((\text{tdNDF}/100) \times 4.2) \times ((\text{tdCP}/100) \times 5.6) + ((\text{FA}/100) \times 9.4) - 0.3$				
^{3/} DE _p (Mcal/kg) = $((\text{TDN}_{IX} - ((0.18 \times \text{TDN}_{IX}) - 10.3)) \times \text{Intake}) / \text{TDN}_{IX} \times \text{DE}_{IX}$				
^{4/} ME _p (Mcal/kg) = $(1.01 \times (\text{DE}_p) - 0.45) + (0.0046 \times (\text{EE} - 3))$ (กรณี EE > 3%)				
^{4/} ME _p (Mcal/kg) = $(1.01 \times (\text{DE}_p) - 0.45)$ (กรณี EE < 3%)				
^{5/} NE _{LP} (Mcal/kg) = $(0.703 \times \text{ME}_p) - 0.19$ (กรณี EE < 3%)				
^{5/} NE _{LP} (Mcal/kg) = $(0.703 \times \text{ME}_p) - 0.19 + ((0.097 \times \text{ME}_p)/97) \times (\text{EE} - 3)$, (กรณี EE > 3%)				

2.2.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งของเปลือกมันสำปะหลังและวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยวิธีการใช้ถุงไนลอน พบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ที่ชั่วโมงต่างๆ เมื่อนำไปป้อนในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยเปลือกมันสำปะหลังมีค่าการย่อยสลายวัตถุแห้ง (*dgDM*) ใกล้เคียงกับกากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง ส่วนเปลือกข้าวโพดจะมีค่าการย่อยสลายวัตถุแห้ง (*dgDM*) ค่อนข้างต่ำ (44.3%)

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโมงต่าง ๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 2.4 ค่าการละลาย (A) ของเปลือกมันสำปะหลัง, เปลือกข้าวโพด, กากมันสำปะหลัง และกากเบียร์ มีค่าเท่ากับ 39.9, 38.7, 55.8 และ 45.8% ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิด

กระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 44.5, 61.1, 42.0 และ 53.0% ตามลำดับ ส่วนค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้ง 84.4, 99.8, 97.8 และ 98.8% ตามลำดับ และอัตราการย่อยสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 0.032, 0.005, 0.021 และ 0.025% ตามลำดับ

ตารางที่ 2.3 การย่อยสลายวัตถุแห้งของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง								$dg^{1/}$
	0	4	6	12	24	48	72	96	
	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	
เปลือกมันสำปะหลัง	36.2	44.5	48.5	52.0	67.8	72.5	77.2	85.0	57.2
กากมันสำปะหลัง	45.7	54.8	62.5	68.5	74.6	80.5	85.3	95.3	68.3
เปลือกข้าวโพด	33.5	37.6	40.6	43.4	48.6	50.6	55.5	63.5	44.3
กากเบียร์	35.5	49.0	56.4	57.6	69.8	82.7	90.7	93.4	63.4

หมายเหตุ: ^{1/} Effective degradability of dry matter

ตารางที่ 2.4 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

Disappearance (%)	วัตถุดิบ			
	เปลือกมัน	กากมันสำปะหลัง	เปลือก	กากเบียร์
	สำปะหลัง		ข้าวโพด	
DM Disappearance (%)				
A ^{1/}	39.90	55.80	38.70	45.80
B ^{2/}	44.50	42.00	61.10	53.00
c ^{3/}	0.032	0.021	0.012	0.025
A + B ^{4/}	84.4	97.8	99.8	98.8
Effective Disappearance (%) [*]	57.2	68.3	44.3	63.4

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

2.3 วิจารณ์ผลการทดลอง

2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ (เปลือกข้าวโพด กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) ดังแสดงในตารางที่ 2.1 พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่าที่ Adegbola (1980) รายงาน (25.2 และ 13.5% ตามลำดับ) จากรายงานของ Nwokoro and Ekhsuehi (2005); Devendra (1977) และ Adegbola พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีโปรตีนเท่ากับ 4.3, 4.8 และ 6.5% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์เถ้าเท่ากับ 1.0, 4.2 และ 6.5% ตามลำดับ ซึ่งในเปลือกมันสำปะหลังที่ได้ศึกษา พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำ (1.0%) และเถ้าสูง (17.7%) ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใย มีค่าใกล้เคียงกับที่ Nwokoro and Ekhsuehi และ Adegbola รายงาน (10.8, 12.0 และ 10.0% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นว่าเปลือกมันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการรวมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน การคัดแยกส่วนของเปลือกหลังปอกเปลือกมันสำปะหลัง อาจมีการปนเปื้อนของดินในขณะที่ผ่านมาการล้าง หรือการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง อีกทั้งเปลือกมันสำปะหลังที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเปลือกมันรวมทั้งเปลือกมันนอก และเปลือกมันใน ซึ่งไม่ได้คัดแยกออกจากกัน ทำให้มีส่วนของดินและทรายปนมามาก และอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและกรดไฮโดรไลซายันิกของเปลือกมันสำปะหลังอาจมาจากความแตกต่างของพันธุ์ที่นำมาใช้ในการผลิตด้วย ซึ่งจากรายงานของ อัจฉรา ลิมศิลา และ จรุงสิทธิ์ ลิมศิลา (2537) พบว่าปริมาณของไซยาไนด์จะมากน้อยต่างกันไปตามสายพันธุ์

เปลือกข้าวโพด มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่าที่ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ได้รายงาน (94.07 และ 90.5% ตามลำดับ) ซึ่งเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่สูงนี้อาจเกิดจากอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมที่ใช้ตากเปลือกข้าวโพดให้แห้ง เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา จากการศึกษาของ จินดา สนิทวงศ์, สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และสฤติ มั่งมิชัย (2541) ในการใช้ซังข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบในโคนม พบว่าซังข้าวโพดหวานมีองค์ประกอบทางเคมี คือ โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใย, NDF และ ADF เท่ากับ (6.5, 1.0, 36.6, 68.2 และ 41.1% ตามลำดับ) โดยพบว่าเปลือกข้าวโพดที่ทำการศึกษามีเปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย และ ADF ต่ำ (1.0, 34.3 และ 38.7% ตามลำดับ) โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนและไขมัน ของเปลือกข้าวโพดที่นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของเปลือกฝักที่แห้ง ประกอบกับองค์ประกอบทางเคมีของเยื่อใย, NDF และ ADF ค่อนข้างสูง จึงทำให้คุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างต่ำ

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำ (22.8%) เมื่อเทียบกับการรายงานของ Khang, Chon, and Nah (2000) และปีตุนาถ หนูเสน (2547) รายงาน (88.8 และ 92.6% ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์โปรตีน (2.0%) มีค่าเท่ากับรายงาน

ของ Preston (2002) ส่วนเปอร์เซ็นต์ เยื่อใย (12.3%), NDF (61.4%) และ ADF (14.7%) สูงกว่า รายงานของ Preston (5.0, 34.0 และ 8.0% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นว่ากากมันสำปะหลัง มีเปอร์เซ็นต์ เยื่อใย, NDF และ ADF ค่อนข้างสูง โดยคุณค่าโภชนะในกากมันสำปะหลังนั้นขึ้นอยู่กับ อายุของมัน สำปะหลังที่ส่งเข้าโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ทำการเพาะปลูก ฤดูกาลในการปลูก และกรรมวิธีกระบวนการสกัดแป้ง (เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิพิเชษฐ์, 2519)

กากเบียร์เป็นแหล่งโปรตีน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ โปรตีนเท่ากับ 33.2% ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ (2544); สุรชัย ไคว้สุวรรณ, นลอง วชิราภกร และ เมธา วรรณพัฒน์ (2542); NRC (1988) รายงาน (28.4, 26.4 และ 27.3% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ไขมันที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับรายงาน สุรชัย ไคว้สุวรรณ และคณะ (7.3 และ 8.0% ตามลำดับ) โดยมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย (13.1%) และ NDF (50.3%) ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ (15.2 และ 62.2% ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับ พันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2539) รายงานไว้ว่า กากเบียร์ มีเยื่อใยหยาบ 13.0-15.0% อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของกากเบียร์ ขึ้นอยู่กับชนิดของธัญพืชที่นำมาทำข้าวมอลต์ ประสิทธิภาพการสักร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ และระยะเวลาที่ใช้ในการสักร์ ดังนั้นส่วนที่เหลือในการเบียร์ส่วนใหญ่เป็นส่วนของเปลือก หรือแกลบ (Husk) ของเมล็ดธัญพืช (สาโรช คำเจริญ, 2547)

2.3.2 การประเมินคุณค่าทางพลังงานในเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีไปคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่าเปลือกมันสำปะหลังมีพลังงานการย่อยสลายได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และค่าพลังงานสุทธิ (NE_p) เท่ากับ 2.12, 1.69 และ 1.00 Mcal/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าพลังงานการย่อยสลายได้ สูงกว่าในรายงานของ Adegbola (1980) (1.03 Mcal/kg) ส่วนพลังงานในรูปโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) เท่ากับ 42.05% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าในกากมันสำปะหลัง (52.17%) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกากมันสำปะหลังมีส่วนของเปอร์เซ็นต์เถ้า, NDF และ ADF ต่ำกว่าในเปลือกมันสำปะหลัง หรือกล่าวได้ว่าในกากมันสำปะหลังมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างอยู่สูงหรือมีส่วนของแป้ง และน้ำตาลมาก ซึ่งทำให้ย่อยสลายได้ง่ายกว่าในเปลือกมันสำปะหลัง เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์ TDN_{IX} ในเปลือกข้าวโพดที่ต่ำ เพราะมีส่วนเยื่อใย, NDF และ ADF คือส่วนของ Hemicellulose, cellulose และ Lignin ซึ่งย่อยสลายได้อยาก

2.3.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์

การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (Effective degradability of DM; $dgDM$) ของวัตถุดิบแต่ละชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.3 พบว่ากากมันสำปะหลังมีการย่อยสลายวัตถุแห้งสูงกว่าในรายงาน

ของ ปิตุนาถ หนูเสน (2547) (68.3 และ 56.8% ตามลำดับ) ในเปลือกมันสำปะหลังมีค่า $dgDM$ เท่ากับ 57.2% ซึ่งต่ำกว่ากากมันสำปะหลัง ทั้งนี้อาจเพราะในกากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่สลายได้ง่ายสูง คือมีเปอร์เซ็นต์เถ้า, NDF และ ADF ต่ำกว่าในเปลือกมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี อีกทั้งในเปลือกมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างต่ำ ในกรณีใช้เลี้ยงสัตว์เลี้ยงเองสามารถแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงใช้ร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ส่วนในกากเบียร์มีค่า $dgDM$ ใกล้เคียงกับรายงานของ พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ (2544) (63.4 และ 62.7% ตามลำดับ) ส่วนเปลือกข้าวโพด มี $dgDM$ (44.3%) ซึ่งถือว่าต่ำ แต่ยังพบว่าสูงกว่าในชานอ้อย (21.2%) (พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเปลือกข้าวโพดประกอบด้วยเยื่อใย, NDF และ ADF ปริมาณสูงเป็นผลให้การย่อยสลายวัตถุแห้งที่เวลาต่างๆ ต่ำกว่าวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโม่งต่าง ๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) ซึ่งพบว่าค่าการละลาย (A) ในกากมันสำปะหลังสูงกว่าส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกากมันสำปะหลังมีส่วนของแป้งอยู่สูงความเป็นฝุ่นมาก จึงทำให้การละลายในช่วงแรกเป็นไปอย่างรวดเร็วและสูงกว่าในกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์

2.4 สรุป

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบอาหารสัตว์ (เปลือกข้าวโพด กากเบียร์ และกากมันสำปะหลัง) มีค่าใกล้เคียงกับที่มีรายงานไว้ โดยผู้วิจัยและสถาบันต่าง ๆ โดยพบว่ากากเบียร์ที่นำมาใช้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงถึง 33.17% และเปลือกมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่าในกากมันสำปะหลัง แต่อย่างไรก็ตามในเปลือกมันสำปะหลังพบว่ามีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงมาก ในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารหยาบหมักควรระมัดระวังถึงระดับของเปอร์เซ็นต์เถ้าที่มีในวัตถุดิบด้วย เพราะจะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาของอาหารหยาบหมักได้ อีกทั้งปริมาณกรดไฮโดรไลซายันในเปลือกมันสำปะหลังสูงกว่าในกากมันสำปะหลัง ส่วนคุณสมบัติการย่อยสลายวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของเปลือกมันสำปะหลังต่ำกว่ากากมันสำปะหลัง แต่การย่อยสลายวัตถุแห้งอยู่ในระดับที่เหมาะสมตามแหล่งของพลังงาน และแหล่งของอาหารหยาบ อย่างไรก็ตามเปลือกมันสำปะหลัง และวัตถุดิบที่นำมาศึกษามีคุณค่าโภชนาที่เหมาะสมที่จะนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมักเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมได้ แต่จำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่มีแหล่งโปรตีนสูงมาเป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ กากเบียร์ ยูเรีย เพื่อให้สูตรอาหารหยาบหมักมีคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมต่อไป

บทที่ 3

การศึกษากรรณวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง เป็นแหล่งพลังงาน

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษากรรณวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานให้มีคุณภาพดี ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

3.1.1 นำวัตถุดิบอาหารสัตว์จากบทที่ 1 เพื่อนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมัก เพื่อให้ได้คุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมสำหรับใช้เลี้ยงโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน จัดการทดลองแบบ 5 x 3 Factorial in Completely Randomized Design ซึ่งมีการจัด Treatment ดังนี้

- มีปัจจัย A เป็นสูตรอาหารหยาบหมัก 5 สูตร ซึ่งแต่ละสูตรจะแตกต่างกันที่ระดับของเปลือกมันสำปะหลัง (0, 10, 20, 30 และ 40% โดยน้ำหนักสด ตามลำดับ)

- ปัจจัย B เป็นระยะเวลาการหมัก ซึ่งในการทดลองทำการศึกษา 3 ช่วงระยะเวลา คือ 14, 21 และ 28 วัน

- จำนวนอาหารหยาบหมักทั้งหมด 60 ถังๆ ละประมาณ 10 กิโลกรัม มีน้ำหนักรวม 600 กิโลกรัม

- อาหารหยาบหมักที่ศึกษาให้มีโปรตีนประมาณ 12%, และมี TDN ประมาณ 45%

ทำการผสมอาหารหยาบหมักตามสูตร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 โดยการบรรจุอาหารแต่ละสูตรที่ผสมแล้วใส่ถุงพลาสติกดำขนาด 25 x 36 นิ้ว และซ้อนด้วยถุงพลาสติกหนึ่งชั้น ซึ่งจะมีการบีบไล่อากาศออกจากถุงให้หมดอัดให้แน่น แล้วปิดถุงให้สนิทนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

3.1.2 สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมักที่ครบกำหนดตามระยะเวลา คือ 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุดิบโดยเครื่อง Hot air oven, โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer, ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto, เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยใช้เครื่อง Fibertec auto analyzer

ตารางที่ 3.1 แสดงสูตรอาหารหยาบหมักที่ทำการศึกษา

วัตถุดิบ	อัตราส่วน (กิโลกรัมสด)				
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
เปลือกข้าวโพด	42	42	42	42	42
เปลือกมันสำปะหลัง	0	10	20	30	40
กากมันสำปะหลัง	40	30	20	10	0
กากเบียร์	14	14	14	14	14
กากน้ำตาล	3	3	3	3	3
ยูเรีย	1	1	1	1	1
รวม	100	100	100	100	100

3.1.2 สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมักที่ครบกำหนดตามระยะเวลา คือ 14 วัน 21 วัน และ 28 วัน ตามลำดับ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุดิบแต่ละชนิดด้วยเครื่อง Hot air oven, โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer, ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto, เยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, ADL โดยใช้เครื่อง Fibertec auto analyzer

3.1.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของอาหารหยาบหมัก โดยเปิดถุงอาหารหยาบหมัก และชั่งมา 50 กรัม (บันทึกน้ำหนัก) ใส่ลงในขวดเก็บตัวอย่างขนาด 200 ml จากนั้นเติมน้ำกลั่น 150 ml ลงในขวด เขย่าให้เข้ากันนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลาจึงนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5A และนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า pH, NH₃-N และ Volatile fatty acid (VFA)

3.1.4 การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยการนำตัวอย่างที่ได้จากกลุ่มทดลองทั้ง 5 สูตร และตามระยะเวลาที่ศึกษา คือ 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter

3.1.5 การวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) โดยวิธีการกลั่นด้วย Kjeldahl flasks ไปต่อเข้ากับเครื่องมือสำหรับกลั่น (Micro-Kjeldahl distillation apparatus) (Japan Grassland Farming Forage Seed Association, 1994)

3.1.6 การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid: acetate, butyrate และ lactate) โดยวิธี Gas chromatography (GC) (Ottenstein and Bartley, 1971)

3.1.7 การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยใช้ถุงไนลอน (Nylon bag) ศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยใช้ถุงไนลอน (Nylon bag) บ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (Rumen degradability or in sacco digestibility) (Ørskov, Deb Hovell, and Mould, 1980; Ørskov and McDonald, 1979) โคเจาะกระเพาะเป็นโคนมเพศเมียลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเซียน (Crossbred Holstein Friesian) สายเลือดประมาณ 87.5% อายุเฉลี่ย 85 ± 28 เดือน มีน้ำหนักเฉลี่ย 476 ± 52 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกละ 1 ตัว มีน้ำและอาหารตลอดเวลา ให้อาหารที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารหยาบหมัก 15 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และอาหารข้นสำเร็จรูป 3 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

องค์ประกอบทางเคมี ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ปริมาณของกรดไฮโดรไลซายินิค และการย่อยสลายในกระเพาะหมักของอาหารหยาบหมักแต่ละสูตร วิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

3.2 ผลการทดลอง

3.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก ตามสูตรอาหาร (สูตร 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ) และระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วัน) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ตามระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วันตามลำดับ) ซึ่งอายุการหมักที่ 14 วัน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำสุด แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก และอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร ($P > 0.05$)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารหยาบหมักมีค่าค่อนข้างแปรปรวน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร โดยพบว่าที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดถึง 17.4%

เปอร์เซ็นต์ NDF ของอาหารหยาบหมักมีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร ($P < 0.01$) โดยที่

อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ NDF ต่ำที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF ของอาหารหยาบหมักมีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ($P < 0.01$) ซึ่งที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 1 และ 2 มีเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด

ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของอาหารหยาบหมัก มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก โดยสูตรที่ 1 มี pH สูงกว่าสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ($P < 0.01$) แต่ไม่แตกต่างกันระหว่างอายุการหมัก ปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของอาหารหยาบหมัก พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร โดยที่อายุการหมัก 14 และ 21 วัน ในสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 มีระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสม

ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิก (Hydrocyanic acid) ของอาหารหยาบหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร โดยที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 5 มีปริมาณ HCN สูงสุด โดยจะเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารหยาบหมัก

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก

เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน					SEM	Pr > F		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5		อายุการ หมัก	สูตร	อายุการ หมัก*สูตร
วัตถุแห้ง	39.7	38.5	38.1	41.0	40.9	41.1	40.9	41.5	42.6	42.9	38.5	41.8	42.1	43.5	43.5	1.73	0.0289	0.4089	0.9997
โปรตีน	17.4	14.6	14.4	12.2	15.2	13.4	12.3	13.1	12.0	13.4	13.2	14.5	11.6	13.0	12.7	0.67	0.0001	0.0029	0.0077
ไขมัน	1.4	1.9	2.3	1.7	2.5	1.0	1.4	2.1	1.4	1.9	0.8	2.8	1.7	1.2	2.1	0.33	0.1853	0.0007	0.2022
เถ้า	4.0	5.3	7.7	6.9	8.7	3.6	4.8	6.1	8.6	7.0	3.6	4.7	5.6	7.7	6.9	0.68	0.3033	0.0001	0.4678
เยื่อใย	21.2	20.7	22.2	25.5	23.0	20.1	23.5	24.0	25.3	26.1	23.4	23.9	23.8	25.0	25.7	0.84	0.0039	0.0001	0.0918
NDF	63.7	61.4	67.2	72.9	63.6	64.5	68.6	69.0	68.9	70.5	68.2	69.5	69.6	74.2	68.4	1.16	0.0007	0.0001	0.0342
ADF	25.2	25.8	27.6	32.6	26.8	27.2	30.6	31.4	32.4	32.7	30.0	30.8	32.1	32.8	32.0	1.29	0.0001	0.0003	0.3169
pH	4.2	4.0	4.0	4.1	4.0	4.2	4.0	4.0	4.0	3.9	4.2	4.0	4.0	4.0	3.9	0.06	0.2407	0.0001	0.9547
NH ₃ -N (%)	9.1	9.0	7.5	7.3	7.8	10.0	8.9	8.2	8.5	8.0	12.5	10.1	9.6	9.0	9.0	0.66	0.0001	0.0003	0.7089
HCN (ppm)	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	11.6	14.5	17.4	20.2	22.9	9.1	10.9	12.8	14.6	16.4	1.70	0.0001	0.0066	0.9848

หมายเหตุ: NDF, Neutral-detergent fiber; ADF, Acid-detergent fiber; NH₃-N, Ammonia-nitrogen; HCN, Hydrocyanic acid; SEM = standard error of the mean

3.2.2 การประเมินคุณค่าทางพลังงานของอาหารหยาบหมัก

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก จากตารางที่ 3.2 มาคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่าง ๆ ตามสมการของ NRC (2001) จะได้ค่าพลังงานของอาหารหยาบหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.3 (ระยะเวลาการหมักที่ 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ) พบว่าอาหารหยาบหมักมี DE_{IX} ซึ่งจะมีค่าเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างอายุการหมัก ตามระยะเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าพลังงานการย่อยได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และค่าพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ในสูตรอาหารหยาบหมักมีค่าแปรปรวน แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก และมีโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก โดยที่อายุการหมัก 21 และ 28 วัน มีเปอร์เซ็นต์ TDN สูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก

ตารางที่ 3.3 คุณค่าทางพลังงานของอาหารหยาบหมัก

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน					SEM	Pr > F		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5		อายุการหมัก	สูตรหมัก*	อายุการหมัก*สูตร
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
TDN _{IX} (%) ^{1/}	47.63	42.87	40.88	47.25	41.66	52.74	52.93	51.47	51.45	48.53	52.80	52.14	52.32	52.04	49.47	2.54	0.0001	0.2355	0.8974
DE _{IX} (Mcal/kg) ^{2/}	1.61	1.92	1.51	1.83	1.60	1.90	2.27	1.99	1.95	1.84	1.89	2.40	2.00	1.88	1.91	0.20	0.0245	0.0903	0.9850
DE _p (Mcal/kg) ^{3/}	1.69	2.15	1.75	1.96	1.81	1.96	2.33	2.07	2.02	1.96	1.95	2.48	2.07	1.95	2.01	0.19	0.1427	0.0456	0.9936
ME _p (Mcal/kg) ^{4/}	1.25	1.71	1.31	1.53	1.37	1.52	1.91	1.64	1.59	1.52	1.51	2.06	1.64	1.51	1.59	0.19	0.1434	0.0444	0.9926
NE _{LP} (Mcal/kg) ^{5/}	0.69	1.02	0.73	0.88	0.78	0.88	1.15	0.96	0.93	0.78	0.87	1.25	0.96	0.87	0.92	0.14	0.1458	0.0469	0.9926
หมายเหตุ: ¹ TDN _{IX} (%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 25.25) + tdNDF - 7)																			
² DE _{IX} (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 _{IX} - ((0.18 x TDN _{IX}) - 10.3)) x Intake)/TDN _{IX}) x DE _{IX}																			
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), (กรณี EE > 3%)																			

3.2.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักโดยวิธีการใช้ถุงในลอนพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายได้ ตามสูตรอาหาร (สูตร 1, สูตร 2, สูตร 3, สูตร 4 และ สูตร 5 ตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ที่เวลา 0, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง อาหารหยาบหมักมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างอายุการหมักตามระยะเวลาการหมัก แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างสูตรอาหารและอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร

เวลา 72 และ 96 ชั่วโมง มีค่าการย่อยสลายวัตถุแห้ง ($dgDM$) ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน สูงกว่า 21 และ 28 วัน ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ระหว่างอายุการหมัก สูตรอาหาร และอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก

ตารางที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักในกระเพาะหมัก

เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน					SEM	Pr > F		
	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร	สูตร		อายุการ	สูตร	อายุการ
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		หมัก		หมัก*สูตร
0	46.1	43.0	44.7	46.2	41.6	29.4	26.7	34.8	40.1	40.4	30.5	35.3	35.8	35.8	36.9	3.24	0.0062	0.4127	0.7086
6	53.6	54.8	51.5	51.3	48.3	44.3	30.5	42.6	40.3	43.3	44.5	42.5	48.4	42.7	42.3	3.02	0.0017	0.7226	0.592
12	54.2	56.0	56.8	55.2	56.5	52.8	34.4	46.9	44.8	49.8	49.3	52.7	53.9	47.6	50.2	3.00	0.0076	0.5405	0.3595
24	64.2	59.6	62.4	60.6	65.8	53.0	41.4	53.5	52.8	55.5	73.2	57.1	57.5	53.0	55.5	3.81	0.0102	0.1532	0.4573
48	68.0	77.3	68.0	69.1	69.6	67.6	58.3	63.0	65.2	63.8	64.1	64.4	63.3	61.0	60.3	3.94	0.0994	0.9381	0.8717
72	65.6	80.6	79.9	78.1	74.7	76.6	58.9	69.4	74.1	73.9	67.7	68.8	68.2	67.7	66.5	4.74	0.2683	0.8945	0.5165
96	71.8	83.1	80.2	79.7	83.4	70.7	64.1	75.6	80.4	77.5	77.5	75.8	78.3	72.2	74.5	3.33	0.1600	0.4160	0.4275
dg ^{1/}	55.3	56.3	54.2	55.5	54.4	48.8	34.4	46.4	45.4	48.0	48.9	48.8	52.4	46.4	47.8				

หมายเหตุ: ^{1/} Effective degradability of dry matter; SEM = standard error of the mean

3.2.4 การย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมัก

ผลการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมัก ตามสูตรอาหาร (สูตร 1, สูตร 2, สูตร 3, สูตร 4 และ สูตร 5 ตามลำดับ) และระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วันตามลำดับ) ดังแสดงในตารางที่ 3.5 ในเวลาที่ 0 และ 24 ชั่วโมง การย่อยสลายโปรตีนจะลดลงเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างอายุการหมัก เช่นเดียวกับในเวลา 6 และ 96 ชั่วโมง ซึ่งแต่ละสูตรมีการย่อยสลายโปรตีนค่อนข้างแปรปรวน แต่พบที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก และเวลาที่ 0 และ 4 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหาร

ตารางที่ 3.5 แสดงการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมักในกระเพาะหมัก (เปอร์เซ็นต์)

เปอร์เซ็นต์ วัตถุดิบ	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน					SEM	Pr > F		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5		อายุการ หมัก	สูตร หมัก*สูตร	อายุการ หมัก*สูตร
0	56.6	51.3	47.8	41.8	52.9	44.6	43.8	43.3	47.0	51.7	53.1	43.8	41.3	50.3	40.0	1.47	0.0275	0.0055	0.0005
6	60.7	53.7	55.1	47.4	58.5	49.5	47.3	47.7	51.0	55.5	57.3	47.3	43.1	52.8	46.5	1.50	0.0058	0.0082	0.0016
12	58.5	56.5	59.6	51.6	60.8	55.0	50.6	51.6	55.5	57.5	59.1	50.6	48.2	57.2	54.3	2.09	0.2275	0.3407	0.1224
24	67.9	62.1	63.8	55.5	64.3	59.6	54.9	55.1	60.3	59.5	64.5	54.9	55.6	60.3	56.4	2.00	0.0485	0.1541	0.1606
48	72.8	66.5	67.1	60.5	67.3	63.3	63.3	58.4	63.4	64.0	68.4	63.3	62.0	62.4	60.2	2.16	0.1069	0.1438	0.4857
72	76.7	70.1	69.4	66.2	69.2	66.3	66.9	64.4	66.1	67.8	70.7	66.9	65.1	67.4	65.0	1.92	0.1067	0.152	0.5461
96	79.6	74.3	73.8	71.4	72.2	70.1	71.5	69.3	69.3	70.5	73.0	69.7	68.0	72.0	70.3	1.36	0.0079	0.0799	0.1711
dg ^{1/}	61.4	56.3	58.3	50.6	60.4	53.1	50.0	50.7	54.1	57.0	59.2	49.9	46.9	55.9	51.3				

หมายเหตุ: ^{1/}Effective degradability of crude protein; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 3.6 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมักในกระเพาะหมัก (เปอร์เซ็นต์)

Disappearance (%)	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
DM degradability (%)															
A ^{1/}	47.0	48.2	48.2	47.5	45.5	39.0	23.0	39.1	35.4	40.3	21.1	40.5	39.7	42.0	43.0
B ^{2/}	22.8	43.8	41.9	42.3	39.5	37.8	44.7	48.5	60.8	49.6	50.1	38.0	41.8	46.8	42.9
C ^{3/}	0.046	0.018	0.016	0.016	0.023	0.028	0.026	0.014	0.014	0.015	0.093	0.022	0.015	0.011	0.019
A + B ^{4/}	69.8	92.0	90.1	89.8	85.0	76.8	67.7	87.6	96.2	89.9	71.2	78.5	81.5	88.8	85.9
Effective Disappearance (%)*	55.3	56.3	55.2	54.5	54.4	48.8	34.4	46.4	45.4	48.0	48.9	48.8	46.4	47.8	51.0
CP degradability (%)															
A ^{1/}	55.9	51.4	53.5	46.3	57.0	47.0	44.4	47.2	48.4	54.2	54.2	43.7	37.6	53.0	46.9
B ^{2/}	28.2	27.0	21.3	44.3	17.2	23.6	34.4	52.6	21.0	29.1	19.9	30.2	30.8	43.2	31.8
C ^{3/}	0.019	0.018	0.023	0.008	0.020	0.028	0.016	0.006	0.030	0.009	0.027	0.021	0.035	0.006	0.013
A + B ^{4/}	84.1	78.4	74.8	90.6	74.2	70.6	78.8	99.8	69.4	83.3	74.1	73.9	68.4	96.2	78.7
Effective Disappearance (%)*	61.4	56.3	58.3	50.6	60.4	53.1	50.0	50.7	54.1	57.0	59.2	49.9	46.9	55.9	51.3

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

3.2.5 ปริมาณ VFAs ในอาหารหยาบหมัก

ปริมาณ VFAs ในอาหารหยาบหมัก ดังแสดงในตารางที่ 3.7 พบว่าปริมาณ Lactate มีความแตกต่างกันระหว่างอายุการหมัก ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 14 วัน มีปริมาณ Lactate สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก ปริมาณ Acetate มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 14 วัน ทำให้มีปริมาณ Acetate ต่ำสุด และไม่มี ความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก ปริมาณ Butyric acid โดยพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมัก 14 วัน ไม่พบการเกิด Butyric acid แต่จะพบเมื่อมีระยะเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน

ตารางที่ 3.7 แสดงปริมาณ VFAs ในอาหารหยาบหมัก (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

เปอร์เซ็นต์	ระยะเวลา 14 วัน					ระยะเวลา 21 วัน					ระยะเวลา 28 วัน					SEM	Pr > F		
วัตถุแห้ง	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5		อายุการหมัก	สูตร	อายุการหมัก*สูตร
Lactate	4.56	4.60	4.51	4.62	4.46	4.12	4.05	3.87	4.24	4.01	3.74	3.47	3.28	3.74	3.57	0.17	0.0001	0.2171	0.9724
Acetate	2.74	2.47	2.31	2.79	3.21	2.35	2.99	3.55	3.57	3.26	3.48	3.64	3.95	4.14	3.78	0.30	0.0001	0.0600	0.2891
Butyrate	nil	nil	nil	nil	nil	0.63	0.62	nil	nil	nil	0.95	0.71	0.73	0.82	nil				

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, Nil = Nothing or zero

3.3 วิจัยรณผลการทดลอง

3.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก ทั้ง 5 สูตร และระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วัน) ดังแสดงในตารางที่ 3.2 พบว่าอาหารหยาบหมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างอายุการหมัก เมื่อมีระยะเวลาการหมักนานขึ้น ซึ่งจากการศึกษาของ McDonald, Henderson, and Heron (1991) เมื่อทำการหมักหญ้าไรย์ 63 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น เนื่องจากการสูญเสียความชื้นและกรดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก อีกทั้งเปลือกข้าวโพดมีความฟามสูงทำให้การอัดแน่นไม่ดีเท่าที่ควร จึงเกิดการระบายความชื้นภายในอาหารหยาบหมัก และเกิดการสูญเสียความชื้นได้ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าค่อนข้างแปรปรวนในแต่ละสูตร แต่พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมักและสูตร ($P < 0.01$) โดยพบว่าที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด เนื่องจากในสูตรที่ 1 จะมีส่วนประกอบของกากมันสำปะหลังสูงถึง 40% ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าในเปลือกมันสำปะหลัง เมื่อนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมักจึงทำให้สูตรที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าได้ และระยะเวลาการหมักที่นานขึ้น จุลินทรีย์จะสลายโปรตีนทำให้มีการปล่อยแอมโมเนียออกมามาก จึงทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง โดยเกิดจากการสลายตัวของยูเรีย โดยเอนไซม์ Urease เป็นแอมโมเนีย และเกิดการสูญเสียสอดคล้องกับการรายงานของ Catchpool (1962) พบว่าเมื่อนำหญ้าชิกแนลมาหมักทำให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง เมื่อเทียบกับหญ้าชิกแนลก่อนหมัก สาเหตุอาจเป็นเพราะมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนสลายตัว จึงเกิดการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมาปริมาณมาก

เปอร์เซ็นต์ไขมันในอาหารหยาบหมักแต่ละสูตรมีค่าค่อนข้างแปรปรวน และเปอร์เซ็นต์เถ้าในแต่ละสูตรมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก ตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นในอาหารหยาบหมัก เพราะในองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมันสำปะหลัง มีเปอร์เซ็นต์ไขมัน และเถ้าสูงกว่าในกากมันสำปะหลัง เมื่อนำมาประกอบสูตรอาหารหยาบหมักจึงทำให้ค่าที่ได้แตกต่างกันในแต่ละสูตร ส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF พบว่ามีอิทธิพลร่วมระหว่างอายุการหมักและสูตร ($P < 0.01$) โดยพบว่าที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์ NDF ต่ำสุดแสดงว่ามีส่วนประกอบของ Hemicelluloses ในปริมาณน้อยกว่าทุกสูตรของอาหารหยาบหมัก ซึ่งจะสามารถย่อยสลายได้ง่าย ทั้งนี้อาจเกิดจากระดับของเปอร์เซ็นต์ NDF วัตถุดิบไม่สูงเกินไป เนื่องจากในสูตรอาหารหยาบหมักจะใช้เปลือกมันสำปะหลัง 10% และ กากมันสำปะหลัง 30% จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ NDF เหมาะสมที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF พบว่ามีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก และสูตร ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 1 และ 2 มี

เปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด แสดงว่ามีส่วนประกอบของ Cellulose และ Lignin ปริมาณน้อยกว่าทุกสูตร น่าจะสามารถย่อยสลายได้ง่ายที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในสูตรที่ 1 และ 2 มีส่วนประกอบของเปลือกมันสำปะหลังที่ระดับ 0 และ 10% ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้อยในสูตรอาหารหยาบหมักเมื่อเทียบกับสูตรอื่น เนื่องจากเปลือกมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ ADF สูงกว่าในกากมันสำปะหลัง เมื่อใช้เปลือกมันสำปะหลังในระดับที่สูงขึ้นก็จะทำให้มีเปอร์เซ็นต์ ADF สูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามอายุการหมักยังมีผลทำให้ระดับ NDF และ ADF สูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบที่เพิ่มขึ้นตามอายุการหมัก จึงทำให้เกิดความฟุ้งมีส่วนของ NDF และ ADF สูงขึ้นตามระยะการหมักด้วย ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในอาหารหยาบหมัก พบว่ามีความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก ($P < 0.01$) โดยสูตรที่ 1 มีระดับ pH สูงกว่าสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในอาหารหยาบหมัก ที่ถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง ทำให้เกิดการชะลอการผลิตกรดของจุลินทรีย์จึงทำให้ค่า pH สูงขึ้น อย่างไรก็ตามมีค่า pH ดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสากล คือหญ้าหมักคุณภาพดีควรมี pH ประมาณ 4.2 (สายนธ์ ทัดศรี, 2540) สอดคล้องกับรายงานของ Kung and Shaver (2001) ที่ว่าข้าวโพดหมักที่ดีควรมี pH ประมาณ 3.7-4.2 และการประเมินคุณภาพหญ้าหมักของ Gordon (2003) คุณภาพหญ้าหมักที่ดี pH ไม่ควรเกิน 4.2 และถ้า pH ประมาณ 4.5 หญ้าหมักมีคุณภาพปานกลาง ซึ่งถ้า pH ของอาหารหมักลดต่ำกว่า 4.2 กระบวนการหมักจะเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ อยู่ในระดับที่ทำให้จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ ขณะเดียวกันปฏิกิริยาของเอนไซม์ทุกชนิดก็ไม่สามารถเกิดได้เช่นกัน (Skerman and Riveros, 1990) ซึ่ง Yang, Huang, T. Chang, Cheng, and C. T. Chang (2004) รายงานว่าเมล็ดข้าวโพดบดจะช่วยทำให้อาหารหมักมี pH ลดลงและเพิ่มปริมาณกรดแลคติกได้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้าวโพดมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) สูง เช่นเดียวกับการใช้กากมันสำปะหลังในอาหารหยาบหมัก จึงมีผลทำให้ pH ลดลงและเพิ่มปริมาณกรดแลคติกได้

ปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของอาหารหยาบหมัก มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมักและสูตรอาหารหยาบหมัก ($P < 0.01$) โดยพบว่าที่อายุการหมัก 14 และ 21 วัน ในสูตรที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ มีปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจนต่ำที่สุด ความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากระดับของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยในสูตรที่ 1 ที่ใช้กากมันสำปะหลัง 40% มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด จึงเป็นผลให้มีการสลายแอมโมเนียไนโตรเจนสูงที่สุด อีกทั้งปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน เป็นตัวกำหนดการเกิดจุลินทรีย์กลุ่ม Clostridia ที่ไปสลายไนโตรเจน ทำให้มีแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้น แสดงว่าที่อายุการหมัก 28 วันน่าจะมีปริมาณของ Clostridia และผลิต Butyrate สูงกว่าที่อายุการหมัก 14 และ 21 วัน ซึ่ง Gordon (2003) รายงานว่า

คุณภาพหญ้าหมักที่ดี $\text{NH}_3\text{-N}$ ไม่ควรเกิน 10% of total N และถ้า $\text{NH}_3\text{-N}$ ประมาณ 10-16% of total N หญ้าหมักมีคุณภาพปานกลาง ซึ่งจากการทดลองพบว่าอาหารหยาบหมักที่ได้จัดอยู่ในกลุ่มคุณภาพดี

ปริมาณของ HCN มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 14 วัน ในสูตรที่ 5 มีปริมาณ HCN สูงสุด ซึ่งเพิ่มขึ้นตามระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลังในอาหารหยาบหมัก โดยเมื่อระยะเวลาการหมักที่ 21 และ 28 วัน ทำให้มีปริมาณ HCN ลดลง เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ HCN ลดลง (Onabowale, 1988) เพราะในกระบวนการหมักจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายโครงสร้างของ Cyanogenic glucoside และทำให้อุณหภูมิของการหมักเพิ่มขึ้น Gomez and Valdivieso (1988) รายงานว่าหลังจากการหมักมันเส้นเพื่อเป็นอาหารไก่ นานถึง 26 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของ HCN ลดลงถึง 36%

3.3.2 การประเมินคุณค่าทางพลังงานของอาหารหยาบหมัก

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักทั้ง 5 สูตร และระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วัน) ไปคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) พบว่ามีพลังงานในรูปโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{IX}) แตกต่างกันระหว่างอายุการหมัก ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 21 และ 28 วัน ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ TDN สูงสุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นส่วนของเชื้อใยต่างๆ อ่อนตัวลง องค์ประกอบทางเคมีเปอร์เซ็นต์เถ้าลดลง อาจเกิดจากการย่อยสลายวัตถุแห้งโดยจุลินทรีย์ซึ่งทำให้ค่า TDN_{IX} สูงขึ้นตามอายุการหมัก แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก

3.3.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมัก

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้งของอาหารหยาบหมักโดยวิธีการใช้ถุงไนลอน พบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายได้ ตามสูตรอาหาร (สูตร 1, สูตร 2, สูตร 3, สูตร 4 และ สูตร 5 ตามลำดับ) พบว่าเวลาการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ต่างกัน มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก โดยเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลงตามระยะเวลาการหมัก อาหารแต่ละสูตรเมื่อนำไปป้อนในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น มีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และที่อายุการหมัก 14 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งสูงกว่าที่ระยะเวลาการหมัก 21 และ 28 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก อาจเกิดจากการสูญเสียความชื้นในระหว่างการหมัก เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ในค่าการละลาย (A) สูงกว่าส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในอาหาร

หยาบหมักมีส่วนประกอบของกากมันอยู่สูง ซึ่งทำให้ส่วนแป้งสามารถละลายน้ำได้ง่าย จึงเป็นผลให้ค่า A สูงกว่าค่า B

3.3.4 การย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมัก

ผลการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมัก ตามสูตรอาหาร (สูตร 1, สูตร 2, สูตร 3, สูตร 4 และ สูตร 5 ตามลำดับ) และระยะเวลาการหมัก (14, 21 และ 28 วันตามลำดับ) พบว่าระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมักลดลง ซึ่งอาจเกิดจากการสลายตัวของยูเรีย โดยเอนไซม์ Urease เป็นแอมโมเนีย และเกิดการสูญเสีย สอดคล้องกับการรายงานของ Catchpoole (1962) พบว่า เมื่อนำหญ้าซิกแนลมาหมักทำให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง เมื่อเทียบกับหญ้าซิกแนลก่อนหมัก สาเหตุอาจเป็นเพราะมีกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนสลายตัว จึงเกิดการปลดปล่อยแอมโมเนียออกมาปริมาณมากแตเมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น มีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา เมื่อนำค่าโปรตีนที่ย่อยสลายตัวที่ชั่วโม่งต่าง ๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ในค่าการละลาย (A) สูงกว่าส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีน อาจเนื่องมาจากมีการใช้ยูเรียในอาหารหยาบหมักจึงทำให้สามารถละลายได้เร็ว อีกทั้งการใช้กากเบียร์เป็นแหล่งโปรตีน ซึ่งกากเบียร์ผ่านกระบวนการหมักมาแล้วจึงทำให้ค่าการละลาย (A) สูงกว่าค่า B ได้

3.3.5 ปริมาณ VFAs ในอาหารหยาบหมัก

ส่วนปริมาณ Lactate พบว่ามีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก ($P < 0.01$) โดยที่อายุการหมัก 14 วัน มีปริมาณ Lactate สูงสุด แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก และจะพบว่าปริมาณ Lactate ที่อายุการหมัก 14 และ 21 วัน อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามรายงานของ Kung and Shaver (2001) แต่จะลดลงเมื่ออายุการหมัก 28 วัน ทั้งนี้เมื่อภายในถูงอาหารหยาบหมักปราศจากอากาศ เนื่องจากการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย หลังจากนั้นจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจน (*Anaerobic bacteria*) เช่น *Lactobacilli* และ *Streptococci* ซึ่งจะหมักและเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสไปเป็น *Lactic acid* (ทวี แก้วคง, 2527) Kung and Shaver รายงานว่าหญ้าหมักที่ดีควรมี Lactic acid 6-10%, acetic acid 1-3% และ butyric acid 0.5-1.0% และข้าวโพดหมักควรมี Lactic acid 4-7%, acetic acid 1-3% ใกล้เคียงกับรายงานของ Seglar (2003) หญ้าหมักที่ดีควรมี Lactic acid 1-3%, acetic acid < 3% และ butyric acid < 1.0% จากการทดลองจะเห็นว่าในระยะเวลาการหมักที่ 14 วัน จุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้อย่างเพียงพอจึงผลิตกรดแลกติกได้มาก (สาขันธ์ ทัดศรี, 2540) ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยได้ Acetate มีความแตกต่างระหว่างอายุการหมัก ($P < 0.01$) โดยเมื่อมีระยะเวลาการหมัก 14 วัน ปริมาณ Acetate ต่ำที่สุด (2.17%) และเมื่ออายุ

การหมัก 21 และ 28 วัน พบว่ามี Acetate สูงกว่า 3% ทั้งนี้ในขณะที่มีอากาศอยู่ในอาหารหยาบหมักและถูกใช้ไปหมด พวกยีสต์ (Yeast) และเชื้อรา (Mould) ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้และตายลง แต่เอนไซม์ต่าง ๆ ยังทำงานปกติ โดยเปลี่ยนน้ำตาลไปเป็นแอลกอฮอล์ และสิ่งเน่าเปื่อยผุพัง พวก Ethyl alcohol ที่ได้จากการทำงานของยีสต์จะถูกเปลี่ยนเป็น Acetic acid ในสภาพของ Anaerobic ต่อไป แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสูตรอาหารหยาบหมัก ซึ่งในระยะเวลาการหมัก 14 วัน ไม่พบการเกิด Butyrate แต่จะพบเมื่อมีระยะเวลาการหมักที่ 21 และ 28 วัน แต่อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวไม่เกิน 1% จึงถือได้ว่าเป็นหญ้าหมักที่มีคุณภาพดีสอดคล้องตามรายงานของ Kung and Shaver และ Seglar ซึ่งการเกิด Butyrate ขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) จะมีความสำคัญมากต่อการทำงานของจุลินทรีย์ และเมื่อค่า pH ไม่คงที่แบคทีเรียพวก *Saccharolytic clostridia* ซึ่งติดมากับอาหารในรูปของสปอร์จะทำการแบ่งตัว และใช้ประโยชน์จากกรดแลคติกและแป้งทำให้ pH สูงขึ้น จะเปลี่ยนกรดแลคติกไปเป็นกรดบิวทีริก (Butyric acid) ซึ่งเป็นกรดที่ไม่ต้องการให้เกิดในกระบวนการหมัก ทำให้อาหารหยาบหมักมีกลิ่นเหม็น และคุณภาพลดลง

3.3.6 การคัดเลือกสูตรอาหารที่ดีที่สุดในการผลิตอาหารหยาบหมัก เพื่อนำไปใช้เลี้ยงโคนม

จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมัก เพื่อนำไปใช้ในการเลี้ยงโคนม โดยการศึกษาครั้งนี้ทำการคัดเลือกสูตรที่ 1 (อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%) และสูตรที่ 4 (อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%) เนื่องจากสูตรที่ 1 มีองค์ประกอบทางเคมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด และมีเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุดหรือมีส่วนของ Cellulose และ Lignin น้อยกว่าสูตรอื่น และที่เลือกสูตรที่ 4 เพราะเมื่อพิจารณาส่วนของเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง เปอร์เซ็นต์ TDN และกรดไขมันระเหยได้ในสูตรที่ 1 ถึง 5 ไม่แตกต่างกัน ระดับ pH และแอมโมเนียไนโตรเจนสูตรที่ 2 ถึง สูตรที่ 5 ไม่แตกต่างกัน จึงคัดเลือกสูตรที่ 4 เนื่องจากเป็นระดับที่มีการใช้เปลือกมันสำปะหลังสูงสุดถึง 30% และมีกากมันสำปะหลัง 10% เป็นแหล่งพลังงาน และเนื่องจากว่าในเปลือกมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีของเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงถึง 17.66% ถ้าใช้สูตรที่ 5 คือมีระดับของเปลือกมันสำปะหลัง 40% อาจทำให้มีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงเกินไป ซึ่งส่งผลต่อโภชนะในอาหารหยาบหมักได้ อีกทั้งต้องการเปรียบเทียบระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลัง กับสูตรที่ใช้เฉพาะกากมันสำปะหลังในอาหารหยาบหมัก ต่อระดับของกรดไฮโดรไซยานิก ที่จะส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณไซโอไซยานเนต ในน้ำนมดิบของโคนมด้วย โดยอาหารหยาบหมักสามารถใช้ได้ตั้งแต่อายุการหมัก 14 วันเป็นต้นไป เนื่องจากที่อายุการหมัก 14 วัน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบเถ้า โปรตีนสูง NDF และ ADF ต่ำ ระดับของ pH และแอมโมเนียไนโตรเจนเหมาะสม กรดไฮโดรไซยานิกสูงสุด และปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ Lactate สูงสุด จึงคัดเลือกที่อายุการหมัก และสูตรอาหารหยาบหมัก ดังกล่าวไว้ทดลองต่อไป

3.4 สรุป

จากการศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมัก พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่ได้มาจากการคำนวณตามสูตรอาหาร และสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งมีปริมาณของเปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังไม่เท่ากันในแต่ละสูตร ในส่วนของระดับความเป็นกรด-ด่าง ก็ผันแปรตามระดับการใช้แหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในอาหารหยาบหมักที่ถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ที่มีปริมาณลดลง ทำให้เกิดการชะลอการผลิตกรดของจุลินทรีย์จึงทำให้ค่า pH สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของอาหารหยาบหมัก จากการทดลองพบว่าอาหารหยาบหมักที่ได้จัดอยู่ในกลุ่มคุณภาพดี ที่อายุการหมัก และสูตรที่แตกต่างกันทำให้มี $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่างกัน อาจเนื่องมาจากการแตกตัวของยูเรียที่เติมลงไป และสูตรอาหารแต่ละสูตรมีปริมาณของโปรตีนที่แตกต่างกัน หรือมาจากปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่แตกต่างกันของเปลือกและกากมันสำปะหลังในแต่ละสูตร ส่วนปริมาณของ HCN เมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นจะทำให้ HCN ลดลง และปริมาณของ HCN ในแต่ละสูตรจะขึ้นอยู่กับระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลังส่วนการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง การย่อยสลายโปรตีนพบว่าเมื่อระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้นการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบหมักลดลง และกรดไขมันระเหยได้พบว่าระยะเวลาการหมักที่ 14 วัน จุลินทรีย์จะใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรตได้อย่างเพียงพอจึงผลิตกรดแลคติกได้มาก ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมในการคัดเลือกสูตรอาหารหยาบหมักคือพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมี เช่นในส่วนของเปอร์เซ็นต์โปรตีน NDF และ ADF ระดับความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน เปอร์เซ็นต์โกขนะที่ย่อยได้ทั้งหมด และปริมาณ HCN ในอาหารหยาบหมัก เป็นต้น ซึ่งพบว่าอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในสูตร 4 ที่ระยะเวลา 14 วัน มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้เป็นอาหารหยาบหมักสำหรับเลี้ยงโครีดนมในการทดลองต่อไป

บทที่ 4

การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีผลต่อคุณภาพของอาหารอาหารหยาบหมัก ที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

4.1 อุปกรณ์และวิธีการ

4.1.1. การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี Treatment ดังนี้

อาหารหยาบหมักอายุ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือน ซึ่งจะได้ Treatment ทั้งหมด 6 Treatment

- ใช้จำนวน 4 ซ้ำต่อ 1 Treatment
- จำนวนอาหารหยาบหมักทั้งหมด 24 ถุงๆ ละประมาณ 10 กิโลกรัมมีน้ำหนักรวม 240 กิโลกรัม
- คัดเลือกอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสูตรที่ดีที่สุด จากบทที่ 3 โดยมุ่งเน้นถึงความเหมาะสมสำหรับนำมาเป็นอาหารโคนม และศักยภาพในการผลิตเชิงพาณิชย์
- ทำการหมักอาหาร (สูตรอาหารที่ได้จากการคัดเลือก) โดยการแบ่งอาหารแต่ละสูตรใส่ถุงพลาสติกและซ้อนด้วยถุงโพลีเอทิลีนชั้นหนึ่ง ซึ่งจะบรรจุถุงละ 10 กิโลกรัม บีบไล่อากาศออกให้หมดแล้วปิดถุงให้สนิทนำไปเก็บไว้ในที่ร่ม

4.1.2. สุ่มตัวอย่างอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่ได้จากตามระยะเวลาดังนี้ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือนตามลำดับเพื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางโภชนาโดยใช้วิธี Proximate analysis โปรตีนรวมโดยใช้วิธี Kjeldahl ความชื้นแฉะ ไขมัน (AOAC, 1990) และ เยื่อใย (ADF, NDF) (Goering and Van Soest, 1970) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid: acetate, butyrate และ lactate)

4.1.3. การวิเคราะห์หาความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยการนำตัวอย่างที่ได้จากกลุ่มทดลองทั้ง 5 สูตร และตามระยะเวลาที่ศึกษา คือ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือน ตัวอย่างละ 10 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มให้เดือด แล้วทิ้งไว้ให้เย็น และทำการวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter

4.1.4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid: acetate, butyrate และ lactate) โดยใช้วิธี Gas chromatography (GC)

1) การเตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างจากข้อ 4.1.1 ตามระยะเวลาที่ศึกษา คือ 1 เดือน 2 เดือน 3 เดือน 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือน ตัวอย่างละ 60 – 120 กรัม สกัดด้วย 0.05M H_2SO_4 ปริมาณ 250 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าเป็นเวลา 4 นาที ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส แล้วนำมากรองเอาส่วนของเหลวใสไปใช้ในการวิเคราะห์

2) เตรียมสารละลายมาตรฐานของ acetate, butyrate และ lactate acid ให้ได้ความเข้มข้น 0.1, 0.3 และ 0.6 mol โดยใช้สารละลายมาตรฐานนี้ในการเตรียม calibration curve และเปอร์เซ็นต์ recovery ของกรดไขมันระเหยง่าย

องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณกรดไขมันระเหยง่าย ของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยวิธี Analysis of variance โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical analysis system) (1985)

4.5 ผลการทดลอง

4.5.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานตามระยะเวลาการเก็บรักษา

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้ในการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน แสดงไว้ดังตารางที่ 4.1 จากการเก็บตัวอย่างของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ กัน มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์ไขมัน เปอร์เซ็นต์เถ้า และเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์เถ้าพบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ NDF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อดูผลการทดลองจาก

ตาราง พบว่า เปอร์เซ็นต์ NDF มีค่าค่อนข้างแปรปรวนในแต่ละอายุการเก็บรักษา และเปอร์เซ็นต์ ADF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่มีค่าค่อนข้างแปรปรวนในแต่ละอายุการเก็บรักษาเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานตามระยะเวลาการเก็บรักษา (เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง)

ระยะเวลา	DM	CP	Fat	Ash	CF	NDF	ADF	pH	NH ₃ -N (%)
เดือนที่ 1	52.2	12.7	1.98	7.59	12.2	33.8 ^{bc}	17.9 ^b	4.45 ^b	7.5 ^b
เดือนที่ 2	49.9	12.6	2.06	8.57	14.3	38.4 ^a	22.2 ^a	4.67 ^b	8.4 ^b
เดือนที่ 3	52.4	12.4	1.91	7.76	13.2	30.8 ^c	17.6 ^b	4.45 ^b	8.5 ^b
เดือนที่ 4	50.8	12.8	1.94	9.05	13.9	34.2 ^{abc}	21.2 ^a	5.23 ^a	9.1 ^{ab}
เดือนที่ 5	48.9	12.2	2.19	9.25	13.0	35.7 ^{ab}	23.0 ^a	5.06 ^a	9.3 ^a
เดือนที่ 6	49.9	12.5	2.12	9.57	12.6	36.9 ^{ab}	23.3 ^a	5.04 ^a	9.4 ^a
SEM	1.91	0.504	0.197	0.829	0.925	1.905	1.102	0.169	0.61
Pr > F	0.4100	0.8916	0.7015	0.1409	0.2694	0.0143	0.0001	0.0004	0.0029

4.5.2 ระดับของความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ระดับของความเป็นกรด – ด่าง ของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ตามระยะเวลาการเก็บรักษา เป็นระยะเวลา 6 เดือนตามตารางที่ 4.1 พบว่าระดับของความเป็นกรด – ด่างของอาหารหยาบหมักมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่อาหารหยาบหมักที่มีระยะเวลาการเก็บรักษา 1 เดือน 2 เดือน และ 3 เดือน มีระดับของความเป็นกรด – ด่างอยู่ระหว่าง 4.45 – 4.67 ส่วนอาหารหยาบหมักที่มีระยะเวลาการเก็บรักษา 4 เดือน 5 เดือน และ 6 เดือน มีระดับของความเป็นกรด – ด่างอยู่ระหว่าง 5.04 – 5.23

4.5.3 ปริมาณ VFAs ของอาหารอาหารหยาบหมักตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ปริมาณ VFAs ของอาหารอาหารหยาบหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณ lactate มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ผลดังกล่าวมีค่าค่อนข้างแปรปรวน โดยที่เดือนที่ 2 มีปริมาณ lactate ต่ำที่สุด (16.22 g/kgDM) และเดือนที่ 5 มีปริมาณ lactate สูงที่สุด (37.36 g/kgDM) ส่วนปริมาณ acetate มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ผลดังกล่าวมีค่าค่อนข้างแปรปรวนเช่นเดียวกับปริมาณ lactate โดยที่เดือนที่ 2 มีปริมาณ acetate ต่ำที่สุด (10.06 g/kgDM) และปริมาณ butyrate มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยที่เดือนที่ 4 มีปริมาณ butyrate สูงที่สุด (4.90 g/kgDM)

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณ VFAs ของอาหารหยาบหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา (g/kgDM)

ระยะเวลา	Lactate	Acetate	Butyrate
เดือนที่ 1	23.23 ^{bc}	11.24 ^c	1.97 ^b
เดือนที่ 2	16.22 ^c	10.06 ^c	2.56 ^b
เดือนที่ 3	24.06 ^{bc}	14.79 ^{abc}	3.16 ^b
เดือนที่ 4	32.20 ^{ab}	17.77 ^a	4.90 ^a
เดือนที่ 5	37.36 ^a	16.88 ^{ab}	2.41 ^b
เดือนที่ 6	23.11 ^{bc}	12.59 ^{bc}	2.35 ^b
SEM	4.74	2.14	0.82
Pr > F	0.0047	0.0103	0.0269

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมัก พบว่า เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีปริมาณลดลงเล็กน้อย เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานาน ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 6 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วีระพล พูนพิพัฒน์ และคณะ (2541), Lopez et al. (1970) และ พรชัย ล้อวิสัย และคณะ (2540) โดยที่การลดลงของปริมาณวัตถุแห้งของอาหาร อาจเกิดจากกระบวนการหมักของแบคทีเรียภายใต้สภาพ aerobic fermentation และ anaerobic fermentation ซึ่งจุลินทรีย์ใช้คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่ได้มาจากอาหาร เพื่อการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ มีผลทำให้ปริมาณวัตถุแห้งลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Frame (1994) ที่พบว่ากระบวนการหมักที่ดี และเกิดขึ้นเร็ว นั้นจะมีการใช้วัตถุแห้งไป 3 – 5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารหยาบหมัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลที่ได้มีระดับของเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าที่คำนวณไว้ก่อนทำการทดลอง ทั้งนี้ อาจเกิดจากการทดลองนี้มียูเรียเป็นส่วนประกอบอยู่ถึง 2 เปอร์เซ็นต์ และเอนไซม์ urease จะทำให้ urea แตกตัวเป็นแอมโมเนีย และอาจเกิดการสูญเสียไนโตรเจนจากการระเหยของแอมโมเนียในขณะอบ

ตัวอย่างเพื่อหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ซึ่งแอมโมเนียจะมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น แต่จะไม่มีมีความแตกต่างทางสถิติ หลังจากระยะเวลาการหมักนานกว่า 3 สัปดาห์ขึ้นไป (McDonald et al, 1991) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ 2 ในบทที่ 5 และได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน ของสูตรที่ 5 ซึ่งมีส่วนประกอบของยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลงเมื่อมีระยะเวลาการหมักนานขึ้นเป็น 21 และ 28 วันตามลำดับ (15.5, 15.0 และ 13.9 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมัน และเยื่อใย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าที่ได้เป็นไปตามสูตรอาหารที่คำนวณไว้ก่อนการทดลอง

แต่ NDF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า NDF มีเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาการหมักนานขึ้น ซึ่งตรงข้ามกับรายงานของ ศรีธนา วิทยานุภาพปิ่นยง และคณะ (2536) พบว่า NDF ของหญ้าซิกแนลเมื่อผ่านการหมักแล้ว จะมีเปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนหมัก อาจเป็นเพราะว่า NDF เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ ในระหว่างกระบวนการหมัก จุลินทรีย์จะใช้ NDF ส่วนหนึ่งในการเจริญเติบโต จึงทำให้เปอร์เซ็นต์ NDF ลดลงระหว่างกระบวนการหมัก ส่วนเปอร์เซ็นต์ ADF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ ADF มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น เมื่อมีระยะเวลาการหมักนานขึ้น ให้ผลสอดคล้องกับ สายจิม แสงโชติ และคณะ (2536), Ely et al. (1981) และ Chauhan and Kakkar (1981) ซึ่งพบว่า ADF ประกอบด้วย เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งย่อยได้ยาก และเปลือกข้าวโพดเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มี ADF ในปริมาณสูง แต่อย่างไรก็ตาม การที่ ADF มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด อาจเกิดจากการที่เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งลดลงภายหลังจากการหมัก จึงมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ ADF ที่วิเคราะห์ได้สูงขึ้น

ระดับของความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของอาหารหยาบหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

ระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของอาหารหยาบหมัก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในที่เดือนที่ 1 – 3 และเดือนที่ 4 – 6 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของวีรพล พูนพิพัฒน์ และคณะ (2541) ได้ศึกษาการเก็บรักษาหญ้าเนเปียร์หมักในถุงพลาสติกเป็นระยะเวลา 7 เดือน พบว่า หญ้าหมักมีระดับ pH เท่ากับ 3.2 – 4.0 ในช่วงเดือนที่ 1 – 4 และ 4.2 – 4.3 ในเดือนที่ 5 – 7 ทั้งนี้เนื่องจากแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตที่ละลายในอาหารหมัก ที่ถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์มีปริมาณลดลง ทำให้เกิดการชะลอการผลิตกรดของจุลินทรีย์ อีกทั้งอาจเป็นผลมาจากยูเรียที่มีอยู่ในอาหารหมัก นอกจากนี้อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมอาจมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ Bolsen et al. (WWW, 2009b) ได้ทำการทดลองหมัก alfalfa ที่อุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮด์ และ 90 องศาฟาเรนไฮด์ พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 90 องศาฟาเรนไฮด์ มีระดับ pH ต่ำกว่าที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาฟาเรนไฮด์ และจากการทดลองในบทที่ 4 นี้ เริ่มดำเนินการในช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2553 ถึง เดือน มกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งในช่วงระยะเวลาการหมักเดือนที่ 4 – 6 จะอยู่ในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ซึ่งอุณหภูมิจะมีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ผลิตกรด

ปริมาณ VFAs ของอาหารหยาบหมัก ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

จากการทดลองพบว่าปริมาณ lactate และ acetate มีปริมาณสูงขึ้นตามระยะเวลาการหมัก สอดคล้องกับการทดลองของ Sheperd et al. (1995) ทำการทดลองหมัก alfalfa จนมีอายุ 177 วัน พบว่า ระดับของ lactate สูงขึ้นตามระยะเวลา แต่จากผลการทดลองที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 พบว่า ที่ระยะเวลาการหมักเดือนที่ 6 มีปริมาณ lactate ลดลง สอดคล้องกับการทดลองของ Sebastian et al. (1996) ทำการหมักข้าวโพด โดยแบ่งเป็นช่วงระยะเวลาเป็น 0 – 42 วัน 42 – 138 วัน และ 138 – 202 วัน พบว่าปริมาณ lactate เพิ่มขึ้นทุกช่วงระยะเวลาการหมัก แต่ในช่วง 138 – 202 วัน lactate มีปริมาณลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณยีสต์ในข้าวโพดหมักสูงขึ้น จึงเกิดการสูญเสียกรดอินทรีย์ในข้าวโพดหมัก เพราะสามารถใช้ lactic และ acetate ได้ (Lindgren et al, 1985) ในส่วนของ acetate คล้ายกับผลของ lactate จากการทดลองของ Sheperd et al. (1995) acetate เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาการหมักที่ 51 วัน ประมาณ 1.8 – 4.7 เปอร์เซ็นต์ และลดลงประมาณ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลาการหมัก 177 วัน และปริมาณ butyrate จากตารางที่ 4.2 พบว่าในเดือนที่ 4 มีปริมาณ butyrate สูงที่สุด เนื่องจากภาชนะที่บรรจุอาหารหมักเกิดการฉีกขาด ทำให้มีอากาศเข้าไป มีผลทำให้แบคทีเรียที่ผลิต butyrate ทำการผลิต butyrate สูงขึ้น

4.7 สรุป

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักตามระยะเวลา 1 – 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีเปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าที่ได้คำนวณไว้ก่อนการทดลอง ส่วน NDF และ ADF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวอยู่ในระดับที่เหมาะสมตาม NRC (1988) แนะนำ แต่ระดับความเป็นกรด – ด่าง มีค่าสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ส่วนปริมาณกรดไขมันระเหยได้มีปริมาณค่อนข้างแปรปรวนในแต่ละระยะเวลาการหมัก อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการให้คะแนนตัดสินคุณภาพอาหารหยาบหมัก ซึ่งมีคะแนนอยู่ในระดับเดียวกันทั้ง 6 เดือน ดังนั้นการเก็บรักษาอาหารหยาบหมักสามารถเก็บไว้ได้นาน ไม่น้อยกว่า 6 เดือน ทั้งนี้ต้องไม่มีการฉีกขาดของภาชนะที่ใช้ในการบรรจุ

บทที่ 5

การศึกษาผลของอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน สำหรับโคนม

5.1 อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรียเซียน (Crossbred Holstein Friesian) ซึ่งอยู่ในระยะต้นของการให้นม (Early lactation)

5.1.1 อาหารทดลอง

คัดเลือกอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานจากบทที่ 3 ซึ่งระดับของเปลือกมันสำปะหลัง 30% (สูตรที่ 4) และทำการศึกษาเพิ่มอีกหนึ่งกลุ่มการทดลอง คืออาหารหยাবหมักที่ไม่มีเปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหาร โดยใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานแทน มาทำการหมักภายในหลุมหมักขนาดใหญ่เพื่อใช้เลี้ยงโครีดนม นำวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละกลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.1 มาหมักในหลุมหมักโดยมีระยะเวลาในการหมักนาน 14 วัน หลังจากครบกำหนดตามระยะเวลาการหมักสามารถนำไปเลี้ยงโครีดนมได้ โดยใช้ร่วมกับการให้อาหารข้น ซึ่งมีชนิดและวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารข้น ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 แสดงชนิด ปริมาณ และราคาของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารหยাবหมักในการทดลอง

วัตถุดิบ /100 กิโลกรัม	ราคาวัตถุดิบ กิโลกรัม/บาท	กลุ่มควบคุม	อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมัน สำปะหลัง	
			0%	30%
ข้าวโพดหมัก	1.60	100	-	-
เปลือกข้าวโพด	-	-	42	42
เปลือกมันสำปะหลัง	0.15	-	0	30
กากมันสำปะหลัง	0.05	-	40	10
กากเบียร์	3.80	-	14	14
กากน้ำตาล	6.00	-	3	3
ยูเรีย	17.00	-	1	1
รวมวัตถุดิบ		100	100	100
รวมต้นทุน/บาท		160	90	93

ตารางที่ 5.2 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในอาหารชั้น

วัตถุดิบ	ปริมาณ/100 กิโลกรัม (น้ำหนักสด)
มันสำปะหลัง	4.00
กากมันสำปะหลัง	14.99
รำอ่อน	13.99
กากน้ำตาล	8.00
กากปาล์มเนื้อใน	25.99
รำสกัดน้ำมัน	6.00
กากถั่วเหลือง	12.00
คอร์นกลูเตน (Corn gluten)	2.00
รำถั่วเขียว	10.00
ไขมัน	0.02
ยูเรีย	2.00
Premix	0.50
แร่ธาตุ	0.50
สารแต่งกลิ่น	0.02
รวม	100.00

5.1.2 แผนการทดลองและการจัดการให้อาหาร

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) การจัดกลุ่มโคนมโดยการบล็อก (Block) ด้วยจำนวนวันที่ให้นม (Day in milk) โดยจัดโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน ในระยะต้นของการให้นม จำนวน 24 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง โดยแสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนม ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด	กลุ่มควบคุม	อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง	
		0%	0%
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	15.00 ± 2.13	15.00 ± 1.78	15.00 ± 2.81
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	134.80 ± 54.15	139.00 ± 53.96	135.90 ± 51.63
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	384.40 ± 68.27	379.40 ± 98.40	375.50 ± 56.17
อายุ (เดือน)	61.5 ± 18.2	64.3 ± 16.8	58.6 ± 19.1

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงอยู่ในรูป Mean ± SD, กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

โคนมทุกตัวถูกจัดอยู่ในคอกเดี่ยว มีอ่างสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ในการทดลองครั้งนี้ทำการผสมอาหารข้น 1 สูตร ด้วยเครื่องผสมอาหารและอัดเม็ดอาหาร ในการให้อาหารกับโคนมจะให้ป็นรายตัว โดยจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารข้น (Concentrate) และอาหารหยাব (Roughage) ให้อาหารข้นจำนวน 8 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ให้วันละ 3 เวลา คือ เช้า 06.00 น. 10.00 น. และ 16.00 น. ให้อาหารข้นเป็น 3, 2 และ 3 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยทุกกลุ่มการทดลองจะได้รับอาหารหยাবหมักตามกลุ่มการทดลอง คือให้อาหารหยাবกลุ่มละ 16 กิโลกรัม (วันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น) ในทุกวันตลอดการทดลองโดยโคนมในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารหยাবหมักตามสูตรอาหาร

5.1.3 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อทำการสุ่มโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองแล้วทำการให้อาหาร และใช้ระยะเวลาในการปรับตัวสัตว์ทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ และช่วงการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 30 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ช่วงการทดลอง ช่วงละ 5 วัน โดยมีการบันทึกและเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ปริมาณการกินได้

ชั่งและบันทึกปริมาณอาหารที่กินรวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินเป็นรายตัว ทำการเก็บการกินได้ทุก ๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven, โปรตีนหยাব (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltac auto analyzer, ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto, เยื่อใยหยাব (Crude fiber, CF) โดยเครื่อง Fibertec auto analyzer และเถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และ Acid detergent lignin, (ADL) โดยใช้เครื่อง Fibertec auto analyzer

- ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม

ทำการบันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวทุก ๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยแบ่งเป็นนมช่วงเย็น และ ช่วงเช้า นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม (ไขมัน นม โปรตีน นม แลคโตส ของแข็งพร้อมไขมัน และ ของแข็งรวมในนม) (Milkoscan รุ่น S50) แล้วจึงนำมาคำนวณตามอัตราส่วนปริมาณน้ำนม

- การวัดน้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อน และหลังการทดลองของโคนมทุกตัว ทั้ง 3 กลุ่ม การทดลอง โดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ในช่วงเช้าหลังจากรีดนมเสร็จ

- การศึกษาคุณภาพน้ำนมดิบ

น้ำนมดิบจากการทดลองในวันที่ 0, 10, 20 และ 30 วัน ของการทดลอง นำมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์รวม (Standard plate count, SPC) ตามวิธีของ Houghtby, Maturin, and Koenig (1992) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform count) ตามวิธีของ Christen, Davidson, McAllister, and Roth (1992) การเปลี่ยนสีของเมทิลีนบลู (Methylene blue test) และปริมาณไฮโดรอกซีอะซิเตนในตัวอย่างน้ำนมดิบ ตามวิธีของ Cosby and Sumner (1945)

ข้อมูลปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ความต้องการพลังงานและโปรตีน และพลังงานและโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร ที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1998)

5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นและสูตรอาหารหยাবหมัก และการประเมินพลังงานโดยการคำนวณจาก สมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารข้นและอาหารหยাব

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% โดยพบว่าอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองมีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า เชื้อใย NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 90.06, 22.76, 1.33, 8.84, 7.00, 28.80, 18.35 และ 6.27% ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดหมัก พบว่าองค์ประกอบทางเคมีคือเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ

แห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใย, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 22.44, 9.87, 1.10, 8.19, 25.17, 61.15, 41.50 และ 11.65% ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ และอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใย, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 30.32, 10.46, 1.03, 10.23, 26.90, 74.34, 44.44 และ 11.97% ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ และอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เยื่อใย, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 28.14, 13.30, 1.94, 7.24, 24.72, 72.95, 43.41 และ 14.63% ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.4

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มาคำนวณหาค่าโภชนะที่ ย่อยได้ทั้งหมด (TDN_{IX}), พลังงานย่อยได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ตามสมการ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 5.5 โดยค่าโภชนะย่อยได้ของ อาหารชั้น ข้าวโพดหมัก อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมัน สำปะหลัง 30% มีค่าเท่ากับ 70.31, 46.80, 41.70 และ 43.44% ตามลำดับ และพลังงานย่อยได้เท่ากับ 3.18, 1.67, 1.62 และ 1.79 Mcal/kgDM ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 2.54, 1.36, 1.41 และ 1.56 Mcal/kgDM ตามลำดับ และพลังงานสุทธิเท่ากับ 1.60, 0.77, 0.80 และ 0.91 Mcal/kgDM ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารชั้น และอาหารหยาบ (Mean $\pm$ SD)

เปอร์เซ็นต์ วัตถุดิบ	อาหารชั้น (21% CP)	ข้าวโพดหมัก	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารหยาบหมัก	
			0%	30%
วัตถุดิบ	90.06 $\pm$ 4.04	22.44 $\pm$ 3.40	30.32 $\pm$ 3.78	28.14 $\pm$ 0.30
โปรตีน	22.76 $\pm$ 1.21	9.87 $\pm$ 0.18	10.46 $\pm$ 0.12	13.30 $\pm$ 0.10
ไขมัน	1.33 $\pm$ 0.32	1.10 $\pm$ 0.08	1.03 $\pm$ 0.32	1.94 $\pm$ 0.64
เถ้า	8.84 $\pm$ 0.06	8.19 $\pm$ 0.12	10.23 $\pm$ 2.36	7.24 $\pm$ 0.14
เยื่อใย	7.00 $\pm$ 0.04	25.17 $\pm$ 0.34	26.90 $\pm$ 1.12	24.72 $\pm$ 0.14
NDF	28.80 $\pm$ 3.22	61.15 $\pm$ 1.78	74.34 $\pm$ 0.30	72.95 $\pm$ 0.14
ADF	18.35 $\pm$ 0.24	41.50 $\pm$ 0.48	44.44 $\pm$ 0.12	43.41 $\pm$ 0.18
ADL	6.27 $\pm$ 0.12	11.65 $\pm$ 2.24	11.97 $\pm$ 2.90	14.63 $\pm$ 0.94
NFC	54.91 $\pm$ 1.04	25.44 $\pm$ 2.40	12.86 $\pm$ 3.10	17.37 $\pm$ 0.12
NDIN	0.55 $\pm$ 0.02	0.20 $\pm$ 0.02	0.29 $\pm$ 0.01	0.45 $\pm$ 0.02
NDINCP	17.15 $\pm$ 1.20	6.27 $\pm$ 0.60	9.17 $\pm$ 0.28	13.16 $\pm$ 0.22
ADIN	0.91 $\pm$ 0.10	0.41 $\pm$ 0.02	0.26 $\pm$ 0.04	0.45 $\pm$ 0.02
ADINCP	28.67 $\pm$ 3.94	12.46 $\pm$ 0.10	7.75 $\pm$ 0.72	13.11 $\pm$ 1.52

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

ตารางที่ 5.5 คุณค่าทางพลังงานของของสูตรอาหารและอาหารหยาบ (Mean $\pm$ SD)

เปอร์เซ็นต์ วัตถุดิบ	อาหารชั้น (21% CP)	ข้าวโพด หมัก	ระดับเปลือกมันสำปะหลังในอาหารหยาบหมัก	
			0%	30%
TDN _{IX} (%) ^{1/}	70.31 $\pm$ 0.06	46.80 $\pm$ 0.06	41.70 $\pm$ 0.06	43.44 $\pm$ 0.18
DE _{IX} (Mcal/kg) ^{2/}	3.18 $\pm$ 0.01	1.67 $\pm$ 0.02	1.62 $\pm$ 0.04	1.79 $\pm$ 0.01
DE _p (Mcal/kg) ^{3/}	2.97 $\pm$ 0.06	1.80 $\pm$ 0.04	1.85 $\pm$ 0.14	1.99 $\pm$ 0.22
ME _p (Mcal/kg) ^{4/}	2.54 $\pm$ 0.06	1.36 $\pm$ 0.04	1.41 $\pm$ 0.14	1.56 $\pm$ 0.22
NE _{LP} (Mcal/kg) ^{5/}	1.60 $\pm$ 0.04	0.77 $\pm$ 0.02	0.80 $\pm$ 0.10	0.91 $\pm$ 0.16

หมายเหตุ: ^{1/} TDN _{IX} (%)	=	tdNFC + tdCP + (tdFA x 25.25) + tdNDF - 7)
^{2/} DE _{IX} (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 _{IX} - ((0.18 x TDN _{IX}) - 10.3)) x Intake)/TDN _{IX} x DE _{IX}
^{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), (กรณี EE > 3%)

5.2.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

จากการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้โภชนะของโคนม เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มการทดลองที่มีการให้อาหารหยาบที่แตกต่างกัน คือ กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ดังแสดงในตารางที่ 5.6 ปริมาณการกินได้วัตถุดิบ/ตัว/วัน พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุดิบจากอาหารชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 กลุ่มการทดลองคือ 7.21 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ปริมาณการกินได้วัตถุดิบจากอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.04, 6.94 และ 5.54 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และปริมาณการกินได้วัตถุดิบจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.25, 14.15 และ 12.74 กิโลกรัมวัตถุดิบ/ตัว/วัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนปริมาณการกินได้วัตถุดิบต่อน้ำหนักตัว (g/kg

$W^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 135, 138 และ 133 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณการกินได้โปรตีน/ตัว/วัน พบว่าปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 กลุ่มการทดลองคือ 1640 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน และปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 596, 726 และ 736 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2236, 2366 และ 2376 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว ($g/kg W^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23, 23 และ 25 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ/ตัว/วัน พบว่าปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 กลุ่มการทดลองคือ 16.4 Mcal/ตัว/วัน และปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.88, 6.75 และ 5.39 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) และปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.28, 23.15 และ 21.79 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ส่วนปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิต่อน้ำหนักตัว ($g/kg W^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง คือ 0.23 Mcal/ตัว/วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้รับอาหารข้น และอาหารหยาบ

	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง	(kgDM/d)				
อาหารข้น	7.21	7.21	7.21		
อาหารหยาบ	6.04 ^b	6.94 ^a	5.54 ^b	0.20	0.0003
รวม	13.25 ^b	14.15 ^a	12.74 ^b	0.20	0.0003
g/kg W ^{0.75}	135	138	133	6.26	0.8317
ปริมาณการกินได้โปรตีน	(g/d)				
อาหารข้น	1640	1640	1640		
อาหารหยาบ	596 ^b	726 ^a	736 ^a	21.56	0.0002
รวม	2236 ^b	2366 ^a	2376 ^a	21.56	0.0002
g/kg W ^{0.75}	23	23	25	1.10	0.3849
ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ	(Mcal/d)				
อาหารข้น	16.4	16.4	16.4		
อาหารหยาบ	5.88 ^b	6.75 ^a	5.39 ^b	0.19	0.0002
รวม	22.28 ^b	23.15 ^a	21.79 ^b	0.19	0.0002
g/kg W ^{0.75}	0.23	0.23	0.23	0.01	0.9673

หมายเหตุ: ^{a, b} = Significantly different (P<0.01), กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

5.2.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

การทดลองใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองกลุ่มโคที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ มีปริมาณน้ำนมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.42, 13.44 และ 14.29 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อปรับปริมาณน้ำนมตามเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่ 4% (4% FCM) ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน มีค่าเฉลี่ยเป็น 14.29, 12.65 และ 13.74 กิโลกรัม/วัน

ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาไขมันในน้ำมันเป็นหน่วยกรัม/วัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 523, 466 และ 421 กรัม/วัน ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณโปรตีนในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 372, 366 และ 395 กรัม/วัน ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดไขมันในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 528, 521 และ 562 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และปริมาณของแข็งพร้อมไขมันในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1059, 1042 และ 1137 กรัม/วัน ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณของแข็งรวมในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1582, 1463 และ 1601 กรัม/วัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำมัน ของโคที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ย 3.92, 3.10 และ 3.33% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.77, 2.72 และ 2.79% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนเปอร์เซ็นต์กรดไขมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93, 3.87 และ 3.97% ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับของแข็งพร้อมไขมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.88, 7.74 และ 8.01% ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และของแข็งรวมในน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.79, 10.84 และ 11.33% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 5.7 แสดงปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบของน้ำมัน

	กลุ่มควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี		SEM	P value
		เปลือกมันสำปะหลัง			
		0%	30%		
ปริมาณน้ำนม		(kg/day)			
ปริมาณน้ำนม	13.42	13.44	14.29	0.81	0.6922
ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4%	14.29	12.65	13.74	0.80	0.3548
องค์ประกอบของน้ำนม		(g/day)			
ปริมาณไขมันนม	523	466	421	30.52	0.0849
โปรตีนนม	372	366	395	20.25	0.5761
ปริมาณแลคโตส	528	521	562	29.06	0.5689
ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน	1059	1042	1137	58.77	0.4910
ปริมาณของแข็งรวมในนม	1582	1463	1601	84.74	0.4748

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

ตารางที่ 5.8 แสดงองค์ประกอบของน้ำนม

องค์ประกอบน้ำนม	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
		(%)			
ไขมันนม	3.92 ^a	3.10 ^b	3.33 ^b	0.15	0.0027
โปรตีนนม	2.77	2.72	2.79	0.03	0.3403
แลคโตส	3.93	3.87	3.97	0.05	0.3716
ของแข็งพร่องไขมัน	7.88	7.74	8.01	0.09	0.1320
ของแข็งรวมในนม	11.79 ^a	10.84 ^b	11.33 ^{ab}	0.19	0.0092

หมายเหตุ: ^{a, b} = Significantly different (P<0.01), กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

5.2.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.9 พบว่าน้ำหนักของโคนมก่อนเริ่มการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 384, 379 และ 376 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 396, 382 และ 384 กิโลกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 379, 96 และ 271 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคทั้ง 3 กลุ่มการทดลองนี้

ตารางที่ 5.9 แสดงน้ำหนักตัว และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัว	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
		(kg/head)			
ก่อนการทดลอง	384	379	376	26.65	0.2272
หลังการทดลอง	396	382	384	26.80	0.2274
น้ำหนักตัวที่ เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	379	96	271	73.19	0.9399

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

5.2.5 ปริมาณไรโอไซยานเท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ

การศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อจุลินทรีย์ในน้ำนม ที่มีผลต่อปริมาณปริมาณไรโอไซยานเท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไรโอไซยานเทในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41, 11.25 และ 11.83 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของโคทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00, 6.00 และ 5.87 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57×10^5 , 0.42×10^5 และ 0.23×10^5 โคโลนี/มล. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68×10^3 , 0.64×10^3 และ 0.61×10^3 โคโลนี/มล. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 5.10 ผลของการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนม ต่อจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ

สิ่งที่ศึกษา	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
ปริมาณในน้ำนมดิบ					
ไฮโดรไลซาท (พีพีเอ็ม)	9.41 ^b	11.14 ^a	11.19 ^a	0.49	0.0293
จุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ					
เมทิลีนบลู เทสต์ (ชั่วโมง)	6.00	6.00	5.89	0.07	0.7919
จุลินทรีย์รวม (x 10 ⁵ โคโลนี/มล.)	0.57	0.42	0.23	0.14	0.2789
จุลินทรีย์กลุ่มโคลิ ฟอร์ม (x 10 ³ โคโลนี/มล.)	0.64	0.61	0.68	0.22	0.9711

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, เมทิลินบลู เทสต์ จำนวนชั่วโมงการเปลี่ยนสีในภาควงก ก, กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

5.2.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และ โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.11 สามารถวิเคราะห์

ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีนโดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1572, 1566 และ 1463 กรัม/วัน โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมัก 30% ได้รับ RDP_{sup} จากอาหารต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ พบว่าความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1122, 1101 และ 1056 กรัม/วัน ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และการทดลองนี้โคนมได้รับ RDP_{sup} เกินต่อความต้องการเท่ากับ 450, 465 และ 407 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนของความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) มีค่าเท่ากับ 984, 973 และ 1076 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่ได้รับ RUP_{sup} เท่ากับ 445, 536 และ 507 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และได้รับ RUP_{sup} ไม่เพียงพอกับความต้องการเท่ากับ -540, -440 และ -569 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

นอกจากนี้โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน เท่ากับ 954, 936 และ 898 กรัม/วัน ตามลำดับ กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ต่ำกว่าในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) และความต้องการโปรตีนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1193, 1180 และ 1203 กรัม/วัน ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.12 ซึ่งศึกษาตาม NRC (2001) พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 22.28, 23.15 และ 21.79 Mcal/day ตามลำดับ กลุ่มการทดลองที่ 2 มีพลังงานสุทธิสูงกว่าในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่า 6.99, 6.86 และ 6.86 Mcal/day ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 9.64, 8.50 และ 9.28 Mcal/day ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่า 2.60, 2.56 และ 2.59 Mcal/day ตามลำดับ และพลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 19.06, 17.89 และ 18.70 Mcal/day ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าพลังงาน (Efficiency) ในกลุ่มอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% มีค่าต่ำกว่าในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับ

อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 5.11 ปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ

	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
	(g/head/d)				
ความต้องการ RDP _{req}	1122 ^a	1101 ^a	1056 ^b	11.61	0.0023
(RDP _{sup}) จากอาหาร	1572 ^a	1566 ^a	1463 ^b	10.83	0.0001
ขาด/เกิน	450 ^b	465 ^a	406 ^c	1.10	0.0001
โปรตีนที่ได้รับจาก จุลินทรีย์โปรตีน (MCP)	954 ^a	936 ^a	898 ^b	9.86	0.0023
ความต้องการโปรตีน ทั้งหมด (MP _R)	1193	1180	1203	33.97	0.8893
ความต้องการ RUP _{req}	984	973	1076	57.52	0.3978
(RUP _{sup}) จากอาหาร	445 ^c	534 ^a	507 ^b	6.92	0.0001
ขาด/เกิน	-540	-440	-569	54.94	0.2420

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

ตารางที่ 5.12 พลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร

	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มี เปลือกมันสำปะหลัง		SEM	P value
		0%	30%		
		(Mcal/day)			
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE _L intake)	22.28 ^b	23.15 ^a	21.79 ^b	0.19	0.0002
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรง ชีพ (NE _{LM})	6.99	6.86	6.86	0.36	0.9608
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิต น้ำนม (NE _{LL})	9.46	8.50	9.28	0.55	0.4378
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่ม น้ำหนักตัว (NE _{LG})	2.60	2.56	2.59	0.01	0.1419
พลังงานสุทธิสะสม (NE _{LR})	19.06	17.89	18.70	0.60	0.3800
ประสิทธิภาพการใช้ พลังงาน (Efficiency)	0.86 ^a	0.78 ^b	0.86 ^a	0.02	0.0298

หมายเหตุ: SEM = Standard error of the mean, ^{a, b} = Significantly different (P<0.01), กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

เมื่อคำนวณถึงต้นทุนค่าวัตถุดิบในการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ต่อการให้ผลผลิตน้ำนม โดยมี 3 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% จากการทดลองพบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีปริมาณน้ำนมโดยเฉลี่ยเท่ากับ 13.42, 13.44 และ 14.29 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบเฉลี่ยเท่ากับ 117.90, 94.01 และ 92.13 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ มีรายได้จากการขายน้ำนมดิบเท่ากับ 221.43, 221.76 และ 235.79 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ หักค่าใช้จ่ายจากต้นทุน

ค่าอาหารชั้นและอาหารหยาบแล้วเหลือรายได้เท่ากับ 103.53, 127.76 และ 143.66 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 ต้นทุนค่าอาหารสัตว์ และผลกำไรขาดทุนจากการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน

รายการ	ราคา/ หน่วย	กลุ่ม ควบคุม	อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมัน สำปะหลัง	
			0%	30%
ปริมาณน้ำนมเฉลี่ย/วัน/กก.	16.50	13.42	13.44	14.29
ปริมาณการกินอาหารชั้น/วัน/กก.	9.00	8.00	8.00	8.00
อาหารหยาบ/ตัว/วัน				
ข้าวโพดหมัก/กก./บาท	1.60	28.69	-	-
Cassava peel 0% /กก./บาท	0.90	-	24.45	-
Cassava peel 30% /กก./บาท	0.93	-	-	21.64
รายได้จากการขายน้ำนมดิบ		221.43	221.76	235.79
ต้นทุนค่าอาหารชั้น+อาหารหยาบ		117.90	94.01	92.13
กำไรขาด/ขาดทุน		103.53	127.76	143.66

หมายเหตุ: กลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก), กลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30%

5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารชั้นและสูตรอาหารหยาบหมัก และการประเมินพลังงานโดยการคำนวณจาก สมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารชั้นและอาหารหยาบ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และการประเมินพลังงานของอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ กล่าวคือพลังงานค่าโภชนะย่อย

ได้ (TDN_{IX}), พลังงานย่อยได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) ใน ส่วนของอาหารชั้น (CP 22%) ของแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากัน เนื่องจากใช้อาหารสูตรเดียวกัน แต่พบว่าองค์ประกอบทางเคมีในสูตรอาหารชั้นมีปริมาณไขมัน (1.33%) ซึ่งต่ำกว่าที่ NRC (2001) ได้แนะนำไว้ กล่าวคือปกติในสูตรอาหารควรมีไขมันประมาณ 3-4% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีของไขมันน้อยเกินไป จึงทำให้สูตรอาหารมีปริมาณ ไขมันต่ำกว่าที่ NRC (2001) ได้แนะนำไว้

สำหรับอาหารหยาบคือข้าวโพดหมัก พบว่ามีวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.44% ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ ชิดชนก นวลนิมพลี (2548) และเพลิน เมินกระโทก (2545) (29.89 และ 35.84% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.87% มีค่าใกล้เคียงกับ ชิดชนก นวลนิมพลี (9.91%) และสูงกว่า ชูติมา อิมสันเทียะ (2544) และเพลิน เมินกระโทก (6.97 และ 7.55% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ไขมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.10% ต่ำกว่ารายงานของ ชิดชนก นวลนิมพลี และชูติมา อิมสันเทียะ (1.39 และ 3.42%) เปอร์เซ็นต์เถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.19% ซึ่งต่ำกว่ารายงานของ ชิดชนก นวลนิมพลี, ณัฐนิตย์ ป่วนปาน (2550), เพลิน เมินกระโทก และชูติมา อิมสันเทียะ (12.81, 14.12, 15.14 และ 15.73% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าของข้าวโพดหมักต่ำ อาจเกิดการ ปนเปื้อนของเศษดินและหินน้อยในระหว่างการทำข้าวโพดหมัก จึงทำให้ข้าวโพดหมักมีคุณภาพดี ส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.17% มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ ชิดชนก นวลนิมพลี (24.51%) แต่สูงกว่าในรายงานของ เพลิน เมินกระโทก (2545) (22.81%) เปอร์เซ็นต์ NFC มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.44% สูงกว่ารายงานของ ชิดชนก นวลนิมพลี และณัฐนิตย์ ป่วนปาน (23.92 และ 12.05% ตามลำดับ) ซึ่ง NRC (2001) และ Mertens (1987) แนะนำที่ระดับ 36-44% และ 30% ทั้งนี้โคได้รับ NFC ในระดับต่ำอาจส่งผลกระทบต่อพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้ ส่วนเปอร์เซ็นต์ NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61.15% สูงกว่ารายงานของชิดชนก นวลนิมพลี (51.97%) แต่ต่ำกว่ารายงาน ของ ชูติมา อิมสันเทียะ และณัฐนิตย์ ป่วนปาน (62.28 และ 66.09% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ ADF มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.50% พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ ณัฐนิตย์ ป่วนปาน (40.09%) สูงกว่า รายงานของชิดชนก นวลนิมพลี (37.01%) เปอร์เซ็นต์ ADL มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.65% สูงกว่ารายงาน ของ ณัฐนิตย์ ป่วนปาน, ชิดชนก นวลนิมพลี และเพลิน เมินกระโทก (3.74, 4.59 และ 5.30% ตามลำดับ) ทั้งเปอร์เซ็นต์เยื่อใยและ NFC ในข้าวโพดหมักที่ได้มีค่าแตกต่างกันไป อาจเนื่องมาจาก ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว และกระบวนการทำข้าวโพดหมักที่แตกต่างกันไป

อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมัน สำปะหลัง 30% พบว่ามีวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.32 และ 28.14% ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่า ในหญ้าหมัก (26.49%) (ณัฐนิตย์ ป่วนปาน, 2550) เปอร์เซ็นต์โปรตีน (10.46 และ 13.30% ตามลำดับ), ไขมัน (1.03 และ 1.94% ตามลำดับ), เถ้า (10.23 และ 7.24% ตามลำดับ), เยื่อใย (26.90

และ 24.72% ตามลำดับ), NDF (74.34 และ 72.95% ตามลำดับ), ADF (11.97 และ 14.63% ตามลำดับ) และ NFC (12.86 และ 17.37% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นว่าอาหารหยาบหมักทั้ง 2 สูตร มีโปรตีนสูงกว่าในข้าวโพดหมัก (9.87%) และมีเปอร์เซ็นต์เชื้อใยใกล้เคียงกับข้าวโพดหมัก (25.17%) อย่างไรก็ตามอาหารหยาบหมักยังมีเปอร์เซ็นต์ NFC ต่ำกว่าที่ NRC (2001) และ Mertens (1987) แนะนำที่ระดับ 36-44% และ 30% ทั้งนี้โคได้รับ NFC ในระดับต่ำอาจส่งผลกระทบต่อพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้

การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการจากสมการ NRC (2001) อาหารหยาบตามสูตรทดลองทั้ง 3 สูตร พลังงานค่าโภชนะย่อยได้ (TDN_{IX}), พลังงานย่อยได้ (DE_p), พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{LP}) โดยอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และอาหารหยาบที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% พลังงานค่าโภชนะย่อยได้ (TDN_{IX}) มีค่าใกล้เคียงกัน (41.7 และ 43.44% ตามลำดับ) ส่วนพลังงานแต่ละประเภทก็มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ในการคำนวณสูตรอาหารจะคำนึงถึงค่าของโภชนะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก

5.3.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

ปริมาณการกินได้ของโคนมเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถส่งผลกระทบต่อให้ผลผลิตของโคนม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการได้รับโภชนะในอาหาร จากการทดลองวัดการกินได้ ดังแสดงในตารางที่ 5.6 พบว่าปริมาณการกินได้วัดดูได้จากอาหารหยาบ และอาหารรวมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% อาจเนื่องมาจากอาหารหยาบที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% มีความน่ากินสูงกว่า เพราะมีส่วนประกอบของกากมันสำปะหลัง 40% ทำให้ภายหลังกระบวนการหมักมีกลิ่นหอมน่ากินกว่าอาหารหยาบหมักสูตรที่มีการใช้เปลือกมันสำปะหลัง 30% ส่วนปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบ และอาหารรวมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีองค์ประกอบของเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% สูงกว่าข้าวโพดหมักที่ใช้กับกลุ่มควบคุม และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิจากอาหารหยาบ และอาหารรวมในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณการกินได้วัดดูได้ที่สูงกว่าทุกกลุ่มในการทดลอง และอาจเนื่องมาจากส่วนของ NDF ในสูตรอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกัน โดยวิโรจน์ ภักธรจินดา (2546) กล่าวว่า NDF จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราการกินได้ของโค ถ้าค่า NDF สูงจะมีสัดส่วนกับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มากขึ้น และอาหารจะมีความฟามมากขึ้น หรืออาหารจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะนานขึ้น ส่งผลทำให้การกินได้

ลดลง ทั้งนี้ปริมาณการกินได้รวม จะส่งผลถึงการให้ผลผลิตน้ำนม และการดำรงชีพอื่น ๆ ดังนั้น ปริมาณการกินได้จึงมีความสำคัญต่อการนำมาพิจารณาพิจารณาเกี่ยวกับการให้ผลผลิตเพราะหากโคได้รับ ปริมาณโภชนาที่ไม่เพียงพอจะส่งผลทำให้โคนมไปสลายเอาไขมันในร่างกายมาใช้ประโยชน์เป็น พลังงานทำให้โคมีน้ำหนักลดลงได้

5.3.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

การทดลองใช้อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 5.7 พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองกลุ่มโคที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าปริมาณการกินได้จะแตกต่างกันแต่ไม่มีผลต่อปริมาณน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม โดยพบว่าปริมาณน้ำนม ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (4% FCM) ปริมาณไขมันในน้ำนม ปริมาณโปรตีนในน้ำนม ปริมาณแลคโตสในน้ำนม ปริมาณของแข็งพร้อมไขมัน และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kg W}^{0.75}$) ปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kg W}^{0.75}$) และพลังงานสุทธิต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kg W}^{0.75}$) อีกทั้งพบว่าแม้กลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% จะมีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งสูงกว่าทุกกลุ่มการทดลอง แต่พบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่า อีกทั้งโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีพลังงานสุทธิในการสร้างน้ำนมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อย่างไรก็ตาม Gaynor et al. (1995) พบว่าโคที่ได้รับพลังงานสูง จะมีปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้น และส่งผลให้การผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น โดยทั่วไปแล้วการลดสัดส่วนของอาหารหยাবลงหรือการเพิ่มสัดส่วนของอาหารขึ้นขึ้นโคจะให้ผลผลิตนม ไขมัน และโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออาหารขึ้นเพิ่มขึ้นเกินกว่า 60% การผลิตไขมันในน้ำนมจะลดลง (Aldrich, Muller, Varga, and Griel, 1993; Grant, 2000; Kennelly, 2000) ทั้งนี้เนื่องจากสารอาหารหลักที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม คือกรดอะซิติก (Acetic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid, VFAs) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารหยাবโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมของโคนมที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันนมในกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับข้าวโพดหมักมีค่าสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในอาหารหยাবหมักมีโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมดต่ำกว่าข้าวโพดหมัก อีกทั้งในข้าวโพดหมักยังมีการย่อยสลายของวัตถุแห้ง และโปรตีนสูงกว่าในอาหารหยাবหมัก จึงทำให้โคนมที่ได้รับอาหารหยাবคือข้าวโพดหมักมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักทั้ง 2 สูตร และของแข็งรวมในนมในกลุ่มควบคุม สูงกว่าอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% แสดงว่ากลุ่มควบคุมมีการสังเคราะห์ Acetic acid มากขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากในอาหารหยาบซึ่งเป็นข้าวโพดหมักมี NFC สูงกว่าในอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นส่วนประกอบทั้ง 2 สูตร อย่างไรก็ตาม NRC (2001) และ Mertens (1987) แนะนำที่ระดับ 36-44% และ 30% ทั้งนี้โคได้รับ NFC ในระดับต่ำอาจส่งผลกระทบต่อพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้ NRC (1988) แนะนำว่าเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อปริมาณไขมันในน้ำนม ควรมีอาหารหยาบอย่างน้อย 40% ในสูตรอาหารทั้งหมด หรือ ควรมีเยื่อใย หรือ ADF ไม่น้อยกว่า 17 และ 21% ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ขบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักดำเนินไปได้ตามปกติ และรักษาสภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ให้ดำเนินไป นอกจากนี้เยื่อใยในอาหารควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพในขบวนการหมักย่อย (Effective fiber) ของจุลินทรีย์โดยควรมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยาว (Long form fiber) ซึ่งจะช่วยให้ขบวนการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักให้เหมาะสม (กังวาน ธรรมแสง, 2546)

5.3.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน) ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.9 พบว่าการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนม ทั้งน้ำหนักตัวหลังการทดลอง และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ซึ่งกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% มีน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีพลังงานเพื่อการดำรงชีพ และพลังงานเพื่อเพิ่มน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการสูญเสียน้ำหนักตัว สาเหตุอาจเกิดมาจากการได้รับโภชนาที่มีในอาหารไม่เพียงพอแก่ความต้องการทำให้ตัวโคต้องใช้พลังงานจากการสลายไขมันที่สะสมในตัวออกมาใช้เป็นผลให้น้ำหนักตัวลดลง ซึ่งการวัดลักษณะการเจริญเติบโตในโครีดนมโดยการชั่งน้ำหนักโคที่ไม่ได้อุดอาหาร อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากความผันแปรของน้ำหนักอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีสูงถึง 10-20% ของน้ำหนักตัว (กังวาน ธรรมแสง, 2546)

5.3.5 ปริมาณไรโอไซยานเท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ

การศึกษาผลของอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับโคนมต่อจุลินทรีย์ในน้ำนม ที่มีผลต่อปริมาณปริมาณไรโอไซยานเท จำนวนจุลินทรีย์รวม โคไลฟอร์ม และการผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่ม

ควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไฮโดรไลซายเนตในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.41, 11.14 และ 11.19 พีพีเอ็ม ตามลำดับ โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ มีปริมาณไฮโดรไลซายเนตสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งจะเห็นว่าเพิ่มขึ้นตามระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลัง โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถลดพิษของไซยาไนด์ได้ ส่วนไซยาไนด์ที่ถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะหมัก จะรวมกับสารไฮโอซีสเตอิน หรือสารไฮโอซัลเฟตที่ได้จากการเมทาบอลิซึมของกรดอะมิโนไฮโอซีเตอิน โดยมีเอนไซม์โรดานีส (Rhodanese) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อลดพิษของไซยาไนด์ กลายเป็นสารไฮโดรไลซายเนต ซึ่งปฏิกิริยาเกิดขึ้นในเนื้อเยื่อทุกชนิดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะในเนื้อเยื่อตับ ไต ต่อมหมวกไต ต่อมไทรอยด์ และตับอ่อนซึ่งมีปริมาณเอนไซม์โรดานีสสูงกว่าเนื้อเยื่ออื่น ๆ สารไฮโดรไลซายเนตจะถูกขับออกมาทางต่อมน้ำนม และต่อมน้ำลาย รวมทั้งเยื่อผิวกระเพาะอาหารด้วย (Reiter, Pickering, Oram, and Pope, 1963) Metha Wanapat, Anan Petlum and Opart Pimpa (2000) รายงานว่าแม่โครีดนมระยะกลาง ได้รับอาหารข้นที่มีมันเส้นระดับ 50% แล้วเสริมด้วยไขมันสำปะหลังแห้งเพื่อทดแทนอาหารข้นระดับ 0, 1.0 และ 1.7 กิโลกรัม/ตัว/วัน ทำให้ระดับของไฮโดรไลซายเนตเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.3, 13.3 และ 17.8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ สิริรัตน์ บัวผัน (2546) ศึกษาการใช้มันเส้นในอาหารผสมเสร็จที่ระดับ 0, 12.6, 25.2 และ 37.7% ปริมาณไฮโดรไลซายเนตในน้ำนมดิบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.19, 8.72, 11.19 และ 11.62 พีพีเอ็ม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณของไฮโดรไลซายเนตที่เหมาะสมในการกระตุ้นการทำงานของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดส (Lactoperoxidase system, LPS) ที่มีศักยภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบต้องมีระดับ 10-15 พีพีเอ็ม (Reiter and Harmulv, 1984; Bjoerck, 1978; Dahlberg et al. 1984)) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ มีระดับไฮโดรไลซายเนตในน้ำนมดิบซึ่งค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.14 และ 11.19 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ระดับที่เหมาะสมของไฮโดรไลซายเนต และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาในระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 12 และ 8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค น้ำนม และผลิตภัณฑ์นม (Reiter and Harmulv, 1984) นอกจากนี้มีงานวิจัยที่รายงานว่า ถ้าระดับไฮโดรไลซายเนตในชีร์สูงจะมีผลในการรบกวนเมทาบอลิซึมของไอโอดีนของต่อมไทรอยด์ และก่อให้เกิดโรคคอหอยพอก อย่างไรก็ตาม Dahlberg et al. (1984) รายงานว่าการดื่มนมที่มีไฮโดรไลซายเนต ในระดับ 8 ไมโครกรัม (0.4 ลิตร ของน้ำนมที่มีไฮโดรไลซายเนต 20 พีพีเอ็ม/วัน) มีผลทำให้ระดับของไฮโดรไลซายเนตในปัสสาวะเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อระดับของฮอร์โมน Thyroxine triiodothyronine และ Thyrotropic แสดงว่าการได้รับไฮโดรไลซายเนตในระดับดังกล่าวนี้ ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของต่อมไทรอยด์

ผลการทดสอบเมทิลินบลู เทสต์ ในน้ำนมดิบ (จำนวนชั่วโมงการเปลี่ยนสี) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.00, 6.00 และ 5.89 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) วิธีนี้เป็นการตรวจสอบจุลินทรีย์ทางอ้อม ใช้ได้ดีกับการตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบ และนมพาสเจอร์ไรส์ ในสภาพที่มีออกซิเจน สารละลาย Methylene blue จะมีสีน้ำเงิน และยังคงมีสีน้ำเงินเมื่อผสมในน้ำนม แบคทีเรียในนมส่วนมากเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญของแบคทีเรียในหลอดทดลองจะใช้ออกซิเจนลงไปเรื่อยๆ เมื่อออกซิเจนลดลงจนหมด Methylene blue จะไม่มีสี ชั่วโมงการเปลี่ยนสีนานแสดงว่าน้ำนมมีคุณภาพดี มีจุลินทรีย์น้อย ซึ่งจากการทดลองพบว่าการทดลองทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง มีเกรดน้ำนมดิบใกล้เคียงกัน (เกรด 1) โดยจำนวนชั่วโมงการเปลี่ยนสีอยู่ที่ประมาณ 6 ชั่วโมง (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

จำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.57×10^5 , 0.42×10^5 และ 0.23×10^5 โคโลนี/มล. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งมีจำนวนจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าในรายงานของ ศิริรัตน์ บัวพันธ์ (2546) ถึงผลของการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารผสมเสร็จต่อจำนวนจุลินทรีย์ ที่ระดับ 0, 12.6, 25.2 และ 37.7% พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40×10^5 , 2.31×10^5 , 2.06×10^5 และ 1.48×10^5 โคโลนี/มล. ตามลำดับ จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.64×10^3 , 0.61×10^3 และ 0.68×10^3 โคโลนี/มล. ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มในน้ำนมดิบน้อยกว่าในรายงานของ ศิริรัตน์ บัวพันธ์ พบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์รวมในน้ำนมดิบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45×10^3 , 4.34×10^3 , 3.21×10^3 และ 2.33×10^3 โคโลนี/มล. ตามลำดับ จากการทดลองแม้จะพบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานทำให้มีปริมาณไรโอโซยานาทเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบที่สามารถยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบได้ เมื่อเทียบกับน้ำนมดิบของโคนมในกลุ่มควบคุม ทั้งนี้อาจเกิดจากปริมาณของไรโอโซยานาทที่พบไม่เพียงพอต่อการกระตุ้นการทำงานของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดส เนื่องจากระดับที่เหมาะสมของไรโอโซยานาท และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการทำปฏิกิริยาในระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสเท่ากับ 12 และ 8 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (Reiter and Harmulv, 1984) ซึ่งอาจจะต้องเพิ่มระดับของไรโอโซยานาทโดยการเพิ่มปริมาณของกรดไฮโดรไลซายานิกที่มีในเปลือกมันสำปะหลัง โดยการเพิ่มปริมาณเปลือกมันสำปะหลังที่ใช้ หรือเลือกแหล่งเปลือกมันสำปะหลังที่มีปริมาณกรดไฮโดรไลซายานิกที่สูงกว่าเดิม ซึ่งปริมาณของกรดไฮโดรไลซายานิกในเปลือกมันสำปะหลังจะขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่ปลูก และพันธุ์ด้วย น่าจะช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสด้วย ในน้ำนมโคจะมีแลคโตเปอร์ออกซิเดส (Lactoperoxidase) เฉลี่ยประมาณ 0.03 กรัม/ลิตร โดยในน้ำนมเหลืองจะมีปริมาณที่ต่ำมาก แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 4-5 วันหลังคลอด แลคโตเปอร์ออกซิเดสจะสามารถยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้ต้องถูกกระตุ้นจากไรโอโซยานาท และไฮโดรเจนเปอร์

ออกไซด์ จึงจะมีศักยภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ แลคโตเปอร์ออกซิเดสสามารถทนต่อสภาพความเป็นกรด ($\text{pH} = 3$) และน้ำย่อยในกระเพาะของมนุษย์ แสดงให้เห็นว่าแลคโตเปอร์ออกซิเดสจะทำงานได้ดีในสภาพที่ pH เป็นกรด (Reiter and Harnulv, 1984; Wolfson and Sumner, 1993) ซึ่งจุลินทรีย์มีหลายชนิดในน้ำนมดิบได้มาจากแหล่งต่างๆ ได้แก่ สิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ เครื่องรีดนม มือผู้รีด หรือมาจากภายในเต้านมที่มีการอักเสบ โดยทั่วไปน้ำนมที่รีดได้จากเต้านมจะมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่แล้วในระดับหนึ่ง ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสุขศาสตร์ของกระบวนการรีดนม และสภาพการเกิดโรคเต้านมอักเสบของแม่โค ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำนมจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าการปฏิบัติต่อน้ำนมภายหลังการรีดไม่ถูกต้อง เช่น อุณหภูมิการเก็บรักษาน้ำนมไม่เย็นพอ การขนส่งนมใช้เวลานานเกินไป การเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์มีผลทำให้อายุการเก็บรักษาน้ำนมสั้นลง (Reiter et al., 1963; Losendahl, Wang, Aslam, Sixiang, and Hurley, 2000)

5.3.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารสูตรทดลอง

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.11 พบว่า RDP_{sup} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1572, 1566 และ 1463 กรัม/วัน ตามลำดับ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีความต้องการ RDP_{sup} ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% อาจเป็นผลเนื่องมาจากอาหารของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% มี RDP_{sup} จากอาหารสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% และโคนมในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ได้รับโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) เกินต่อความต้องการเท่ากับ 450, 465 และ 407 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% ได้รับ RDP_{sup} จากอาหารสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% อาจเกิดจากในอาหารมียูเรียเป็นส่วนประกอบ ซึ่งยูเรียสามารถแตกตัวได้เร็วในกระเพาะหมัก RDP_{sup} ที่ได้รับจะสนับสนุนการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ ทำให้มีจำนวนมากที่ไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ (Oldham, 1984) ซึ่งส่งผลให้ความต้องการ RDP_{sup} เพียงพอต่อความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักก็เพิ่มสูงขึ้นทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้การให้ยูเรียต้องอยู่ในระดับที่พอเพียงสำหรับจุลินทรีย์เท่านั้น ไม่ควรใช้ในระดับที่เกินความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เนื่องจากโคจะได้รับอันตราย

จากความเป็นพิษของแอมโมเนีย (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) และระดับที่ปลอดภัยคือ ควรใช้ยูเรียไม่เกิน 3% ของอาหารชั้น หรือ 1% ของอาหารทั้งหมดในโครีดนม (ฉลอง วชิราภกร, 2541) และโคทั้ง 3 กลุ่มได้รับ RUP_{sup} มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 445, 534 และ 507 กรัม/วัน ตามลำดับ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% และส่วนโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองพบว่าไม่เพียงพอกับความต้องการโดยมีค่าเท่ากับ -540, -440 และ -569 กรัม/วัน ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการใช้ By pass protein หรือใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีนที่มีค่าการย่อยสลาย (Degradability) ต่ำ เช่น กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเขียว หรือเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน (Heat treat soybean) เป็นต้น เพื่อให้สัตว์ได้รับโปรตีนตามที่ต้องการ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมการกินได้ (Egan and Moir, 1965) ถ้ากรดอะมิโนไม่สมดุลจะไปมีผลต่อวิถีเมตาโบไลต์ในสัตว์ ลดการใช้ประโยชน์ของสารตั้งต้น เนื่องจากการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นจะมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ในวิถีเมตาโบไลต์ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารในวัฏจักร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเคโมรีเซพเตอร์ไปมีผลต่อสมองที่ควบคุมการกินได้ของสัตว์ (Forbes, 1986)

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่างๆ ของโคนมที่ได้รับอาหารในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.12 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 22.28, 23.15 และ 21.79 Mcal/day ตามลำดับ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) มีค่า 6.99, 6.86 และ 6.86 Mcal/day ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 9.64, 8.50 และ 9.28 Mcal/day ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่า 2.60, 2.56 และ 2.59 Mcal/day ตามลำดับ และพลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 19.06, 17.89 และ 18.70 Mcal/day ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่พบว่าในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% ซึ่งจะเห็นว่าแม้จะมีการกินได้พลังงานสุทธิที่สูงกว่า แต่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำกว่าซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของสัตว์แต่ละตัว โดยจะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนออกไปในรูปของมูล ปัสสาวะ ก๊าซจากการหมักย่อย และความร้อน (วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ, 2542)

จากการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนม โดยมีต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบ ดังแสดงในตารางที่ 5.13 ตามกลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ เมื่อคิดค่าใช้จ่ายของค่าอาหารข้นและอาหารหยาบต่อวันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 117.90, 94.01 และ 92.13 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ และรายได้จากการขายน้ำนมดิบเฉลี่ยเท่ากับ 221.43, 221.76 และ 235.79 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ พบว่ามีกำไรจากการขายน้ำนมดิบเมื่อหักต้นทุนจากค่าอาหารแล้วเฉลี่ยเท่ากับ 103.53, 127.76 และ 143.66 บาท/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมัน 30% มีกำไรสูงสุด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ใช้ข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0%

5.4 สรุป

การผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับเลี้ยงโคนมในระยะต้นของการให้นม โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลอง คือกลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก) และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ตามลำดับ โดยทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับอาหารข้นสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การได้รับอาหารหยาบ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้น และอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลอง พบว่าอาหารข้นมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงถึง 22.76% ส่วนอาหารหยาบมีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง โปรตีน และไขมันใกล้เคียงกัน แต่ในอาหารหยาบหมักจะมีองค์ประกอบทางเคมีของเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF สูงกว่าข้าวโพดหมัก และพบว่าข้าวโพดหมักมีเปอร์เซ็นต์ TDN สูงกว่าในอาหารหยาบหมัก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาใช้เลี้ยงโครีดนมแล้ว จากการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% มีปริมาณการกินได้วัตถุดิบ และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ส่วนปริมาณการกินได้โปรตีนในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% สูงกว่ากลุ่มควบคุม ในการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% สำหรับเลี้ยงโครีดนมพบว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบของน้ำนม ได้แก่เปอร์เซ็นต์โปรตีน, แลคโตส และของแข็งพร้อมไขมัน และไม่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนม แต่พบว่าทำให้มีไขมันในน้ำนมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม และการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% ทำให้มีของแข็งพร้อมไขมันในน้ำนมลดลงได้ ซึ่งการใช้อาหารหยาบที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และ 30% ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำนมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แม้จะไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์ในน้ำนมลดลง และพบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับโปรตีนที่น้อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) เกินความต้องการ รวมทั้งได้รับ

โปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยาบ ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด และมีกำไรสูงสุดจากการขายน้ำนมดิบ ซึ่งถ้านำอาหารหยาบหมักดังกล่าวมาใช้ในการเลี้ยงโคนมจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารหยาบได้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

องค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด ที่ทำการศึกษา มีค่าใกล้เคียงกับที่ได้มีรายงานไว้โดยผู้วิจัยหลายสถาบัน ซึ่งเปลือกมันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์เถ้าสูง การย่อยสลายวัตถุแห้งในกระเพาะหมักมีค่าใกล้เคียงกับกากมันสำปะหลัง แต่คุณค่าทางพลังงาน โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมดของเปลือกมันสำปะหลังต่ำกว่าในกากมันสำปะหลัง การนำวัตถุดิบต่าง ๆ มาใช้ในการประกอบสูตรอาหารหยาบหมักสำหรับโคนม โดยใช้เปลือกข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ เปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังเป็นอาหารแหล่งพลังงาน แต่ควรใช้วัตถุดิบที่มีแหล่งโปรตีนสูงมาเป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ กากเบียร์ และยูเรีย อีกทั้งใช้กากน้ำตาลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานและช่วยให้อาหารหยาบหมักมีกลิ่นหอมเพิ่มความน่ากินของอาหารหยาบหมักด้วย ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะทำให้อาหารหยาบหมักมีคุณค่าทางโภชนาที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ต่อไป

การศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน จากการทดลองพบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยาบหมักที่ได้จากการคำนวณตามสูตรอาหาร และสัดส่วนของวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งในแต่ละสูตรมีระดับที่แตกต่างกันของเปลือกมันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง โดยมีระยะเวลาการหมักที่แตกต่างกัน (14, 21 และ 28 วัน) พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้น ส่วนระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของอาหารหยาบหมักอยู่ในระดับที่เหมาะสม ที่อายุการหมักเวลา 14 วัน จะมีปริมาณ HCN สูง และ Lactic acid สูงสุด ซึ่งจากการทดลองจะทำการคัดเลือกอาหารหยาบหมักในสูตรที่ 1 คืออาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และสูตรที่ 4 คืออาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% โดยสามารถนำไปใช้ได้เมื่อมีอายุการหมัก 14 วัน เป็นต้นไป เนื่องจากในสูตรที่ 1 มีองค์ประกอบทางเคมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด ส่วนในสูตรที่ 4 ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด และกรดไขมันระเหยได้ (Lactate, acetate และ butyrate) ในสูตรที่ 1 ถึง 5 ไม่แตกต่างกัน อีกทั้งระดับความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนียไนโตรเจน ในสูตรที่ 2 ถึง 5 ก็ไม่แตกต่างกัน และอยู่ในระดับที่เหมาะสม ดังนั้นจึงทำการเลือกสูตรที่ 4 เพราะเป็นระดับที่มีการใช้เปลือกมันสำปะหลังสูงสุดถึง 30% และมีกากมันสำปะหลัง 10% เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งถ้าใช้เปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารหยาบหมัก 40% (สูตรที่ 5) อาจทำให้ในสูตรอาหารหยาบหมักมีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูง เพราะเปลือกมันสำปะหลังมี

เปอร์เซ็นต์ต่ำสุดถึง 17.66% อีกประการหนึ่งที่เลือกสูตรที่ 1 และ 4 เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบระดับการใช้เปลือกมันสำปะหลังกับสูตรที่ไม่ใช้ว่ามี HCN ที่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของไรโอไซยานเทนในน้ำนมดิบแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งที่อายุการหมัก 14 วัน พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง NDF และ ADF ต่ำกว่าที่อายุการหมัก 21 และ 28 วัน อีกทั้งระดับความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน และกรดไขมันระเหยได้ อยู่ในระดับที่เหมาะสม จึงคัดเลือกสูตรอาหารหยাবหมักดังกล่าวไว้ใช้ในต่อไป

การทดลองการผลิตอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับเลี้ยงโคนม โดยให้อาหารข้นสูตรเดียวกัน แต่แตกต่างกันที่การให้อาหารหยাব แบ่งเป็นกลุ่มควบคุม (ข้าวโพดหมัก) กลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0% และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารหยাবหมัก โดยทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยใกล้เคียงกัน แต่ในอาหารหยাবหมักมีเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF สูงกว่าในข้าวโพดหมัก และในข้าวโพดหมักมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดสูงกว่าในอาหารหยাবหมักทั้ง 2 สูตร เมื่อนำอาหารหยাবหมักมาใช้ในการเลี้ยงโครีดนมพบว่า การให้อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ทำให้มีปริมาณการกินได้ของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารข้นและอาหารหยাবสูงกว่ากลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดหมัก ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน, แล็กโตส, ของแข็งพร้อมไขมัน และของแข็งรวมในน้ำนม และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคนม การให้อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ทำให้มีปริมาณไรโอไซยานเทนในน้ำนมดิบเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่พบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณไรโอไซยานเทนนี้ไม่มีผลทำให้จำนวนจุลินทรีย์รวม และจุลินทรีย์กลุ่มโคไลฟอร์มในน้ำนมดิบลดลง อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมลดลง โดยโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) เกินความต้องการ รวมทั้งได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เมื่อกำหนดต้นทุนค่าอาหารข้นและอาหารหยাব ต่อการให้ผลผลิตน้ำนมจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าการให้อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีต้นทุนค่าอาหารต่ำสุด และมีกำไรสูงสุดจากการขายน้ำนมดิบ ซึ่งถ้านำอาหารหยাবหมักดังกล่าวมาใช้ในการเลี้ยงโคนมจะสามารถลดต้นทุนค่าอาหารหยাবได้

เมื่อศึกษาการให้อาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคต่อการเปลี่ยนแปลงนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก จากการทดลองพบว่าอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 0 และ 30% ไม่มีผลกระทบต่อระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก ซึ่งในการทดลองค่าเฉลี่ยของ pH ของของเหลวในกระเพาะหมักอยู่ในระดับที่ปกติ เหมาะสมต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และการเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียในโตรเจนภายในกระเพาะหมัก พบว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในสูตรที่ได้รับอาหารหยাবหมักที่มีเปลือกมัน

สำปะหลัง 0% สูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% ณ เวลาที่ 2 ชั่วโมง หลังการให้อาหารแล้วค่อย ๆ ลดลงที่เวลาที่ 4 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร และไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ จุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (แบคทีเรีย และ โปรโตซัว) ในกระเพาะหมักของโค

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนม เมื่อนำอาหารหยาบหมักมาใช้เลี้ยงโคนมพบว่า ส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ไม่เพียงพอกับความต้องการของสัตว์ ซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการใช้ By pass protein หรือใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีนที่มีค่าการย่อยสลาย (Degradability) ต่ำ เช่น กากเมล็ดฝ้าย กากถั่วเขียว หรือเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านความร้อน (Heat treat soybean) เป็นต้น เพื่อให้สัตว์ได้รับโปรตีนตามที่ต้องการ ส่วนผลการยับยั้งจุลินทรีย์ในน้ำนมไม่พบความแตกต่างเมื่อใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการเลี้ยงโคนม อาจเนื่องมาจากปริมาณ HCN น้อยเกินไปที่จะเปลี่ยนไปเป็นสารไซโอไซยานาท เพื่อกระตุ้นการทำงานของระบบแลคโตเปอร์ออกซิเดสในกระบวนการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรเพิ่มปริมาณของ HCN ให้มากขึ้นในสูตรอาหาร โดยการเพิ่มระดับของการใช้เปลือกมันสำปะหลังในสูตรอาหารหยาบหมัก แต่การนำเปลือกมันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตอาหารหยาบหมัก ควรเลือกใช้เปลือกมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำกว่านี้ เนื่องจากเมื่อนำไปประกอบสูตรอาหารหยาบหมักจะทำให้มีคุณค่าโภชนะสูงขึ้น พร้อมทั้งน่าจะทำให้มี HCN ที่จะเปลี่ยนไปเป็นไซโอไซยานาท ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในน้ำนมดิบได้ แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงระดับความปลอดภัยของปริมาณ HCN ในอาหารสัตว์ด้วย และการใช้อาหารหยาบหมักที่มีเปลือกมันสำปะหลัง 30% มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับข้าวโพดหมัก ซึ่งน่าจะเกิดจากการใช้ประโยชน์ได้จากอาหารหยาบต่ำในกลุ่มที่ได้รับอาหารหยาบหมัก เนื่องจากในอาหารหยาบหมักมีการใช้เปลือกข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบ ซึ่งในเปลือกข้าวโพดมีวัตถุแห้งและเยื่อใยสูงมาก ทำให้การย่อยสลายวัตถุแห้งต่ำ จึงมีผลต่อการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมของโคนมได้ ซึ่งถ้ามีการศึกษาเพื่อนำอาหารหยาบหมักที่เปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานไปใช้ต่อไป อาจต้องปรับให้แหล่งของอาหารหยาบมีการย่อยสลายวัตถุแห้งได้ง่ายขึ้น โดยอาจเปลี่ยนแหล่งของอาหารหยาบ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ของเกษตรกรที่เลี้ยงโคนมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กังวาน ธรรมแสง. (2546). การประเมินคุณค่าทางอาหารของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด เพื่อทำนายผลผลิตของโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- จินดา สนิทวงศ์, สุวิทย์ อินทฤทธิ์ และสถิต มั่งมีชัย. (2541). การใช้ขี้ข้าวโพดหวานเป็นอาหารหยาบสำหรับโครีดนมในช่วงแล้ง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. (2519). มันสำปะหลัง. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- ฉลอง วชิราภกร. (2541). โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชิตชนก นวลฉิมพลี. (2548). ผลการเสริมแร่ธาตุจากหินภูเขาไฟในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการผสมติด ของโคนมระยะโคสาว และการให้ผลผลิตน้ำนม ในโคนมระยะกลางการให้นม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ชุติมา อิมสันเทียะ. (2544). ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตน้ำนมของโคนมในช่วงต้นระยะการให้นม เมื่อเลี้ยงด้วยต้นข้าวโพดหมัก 56 วันแรก และเลี้ยงด้วยฟางข้าวในช่วง 56 วันหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ณัฐนิตย์ ป่วนปาน. (2550). การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ธีรพงศ์ ธีรภัทรสกุล อุษุม่า กุเกียรติ์นันท์ กฤษ อังคนาพร. (2529). การศึกษาอุบัติการณ์โรคเต้านมอักเสบด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ในน้ำนม. สัตวแพทยสาร. 38(2): 131-146.
- ปิตุนาถ หนูเสน. (2547). การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารชั้น ต่อการให้ผลผลิตของโคนม ลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- เพลิน เมินกระโทก. (2545). การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พิพัฒน์ เหลืองลาวัญญ์. (2544). การศึกษาการนำผลพลอยได้ทางการเกษตรมาผลิตเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปหมัก สำหรับเลี้ยงโคนมในช่วงฤดูแล้งในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์

- วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2539). หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ทวี แก้วคง. (2527). วิชาโภชนาศาสตร์สัตว์เบื้องต้น และการให้อาหารสัตว์. วิทยาลัยเทคโนโลยีและ อาชีวศึกษา วิทยาเขตเกษตรนครศรีธรรมราช. กรุงเทพฯ: เกษตรไทย.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2546). โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. (2542). เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สาโรช คำเจริญ. (2547). อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: คลังน่านาวิทยา.
- สายัณห์ ทัดศรี. (2540). พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: ไร่เขียว.
- สุรัชย์ ไคว์สุวรรณ, ฉลอง วชิราภกร และ เมธา วรรณพัฒน์. (2542). ผลของระดับการทดแทนอาหารชั้นด้วยกากเบียร์แห้งต่อการให้ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโคนม. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการ เกษตรภาคเหนือ ครั้งที่ 2. สาขาสัตวบาล สัตวศาสตร์ สัตวแพทย์ ณ สถาบันวิจัยสังคม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ศิริรัตน์ บัวผัน. (2546). ผลของการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารผสมเสร็จต่อปริมาณโซมาติกเซลล์ จุลินทรีย์ อะฟลาท็อกซิน และเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมโค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสัตวบาล. ภาควิชาสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานแห่งชาติกรม ประชาสัมพันธ์. (2552). กระทรวงเกษตรฯ คาดการณ์ปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง ปี 53 [ออนไลน์]. ได้จาก: http://thainews.prd.go.th/view.php?m_news=255204280078&tb=N255204.
- อัจฉรา ลิ้มศิลา และจรัสสิทธิ์ ลิ้มศิลา. (2537). ชนิดและพันธุ์มันสำปะหลัง. ในเอกสารวิชาการมันสำปะหลัง ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย (อ.ส.ค.). (2550). จำนวนเกษตรกร สมาชิกจำนวนโคนม และปริมาณน้ำนมของ อ.ส.ค. สารสนเทศโคนม [ออนไลน์]. ได้จาก:
- Adegbola, A. A. (1980). New feed resources for nigerian livestock. Disc. Niger. Acad. Sci. 2(2): 50-63.

- Aldrich, J. M., Muller, L. D., Varga, G., and Griel, L. C. (1993). Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76: 1091-1102.
- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83: 1958-1624.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. Washington D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- Bjoerck, L. (1978). Antibacterial effect of the lactoperoxidase system on psychrotrophic bacteria in milk. *J. Dairy Res.* 45: 109-118.
- Catchpoole, V. R. (1962). The ensilage of sorghum at range of crop maturities. *Aust. Journal exp. Agric. Anim. Husb.* 2: 101-105.
- Chen, X. B. (1996). An excel application programme for processing feed digestibility data. User manual, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK.
- Christen, G.L., Davidson, P.M., McAllister, J. S., and Roth. L. A. (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.
- Cosby, E.L., and Sumner, J. B. (1945). Rhodanese. *Archives Biochem.* 7: 457-460
- Dahlberg, P. A., Bergmark, A., Bjorck, L., Bruce, A., Hambreaus, L., and Claesson, O. (1984). Intake of thiocyanate by way of milk and its possible effect on thyroid function. *J. Anim. Clin. Nutri.* 39: 416-420.
- Devendra, C. (1977). Cassava as a Feed Source for Ruminants. In *Cassava as Animal Feed*: edited by Nestle B. and Graham M., IDRC, Canada. 107-119.
- Egan, A. R., and Moir, R. J. (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single dose of casein, urea and propionate upon voluntary intake of low protein roughage by sheep. *Aust. J. Agri. Res.* 16: 437-449.
- Forbes, J. M. (1986). *The Voluntary Food Intake of Farm Animal*. Butterworths. London.
- Gaynor, P. J., Waldo, D. R., Capuca, A. V., Erdman, R. A., and Douglass, L. W. (1995). Effects of prepubertal growth rate and diet on lipid metabolism in lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78: 1534-1543.
- Goering, H. K., and Van Soest, P. J. (1970). *Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and some Applications)* Agric. Handbook No. 379. Washington. D. C.: ARS-USDA,

- Gomez, G., and Valdivieso, M. (1988). The effects of ensiling whole root chips on cyanide elimination. *Nutri. Rep. Int.* 37: 1161–1166.
- Gordon, H. (2003). Evaluating silage quality. This information published to the web on August 13, 2003 [On-line]. Available. [http://www1.Agric.gov.ab.ca/\\$deparment/deptdocs.nsf/all/for4909](http://www1.Agric.gov.ab.ca/$deparment/deptdocs.nsf/all/for4909).
- Grant, R. (2000). Evaluating the feeding value of fibrous feed for dairy cattle. [On-line]. Available: <http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/g91-1034.htm>.
- Houghtby, G. A., Maturin, L. J., and Koenig, E. K. (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.
- Indira, P., and Sinha, S. K. (1969). Colorimetric method for determination of HCN in tubers and leaves of cassava (*Manihot. Esculenta* Crantz). *Indian J. Agric. Sci.* 39: 1021-1023.
- Japan Grassland Farming Forage Seed Association. (1994). *Guide Book for Quality Evaluation of Forage*. Tokyo, Japan.
- Kennelly, J. J. (2000). Feeding and management systems to optimized milk production. [On-line]. Available: <http://www.afns.ualberta.ca/drct/dp472-50.htm>.
- Khang, Z., Chon, K. C., and Nah, K. C. (2000). Cassava a total substitute for cereals in livestock and poultry ratios. *Ruminant Nutrition: selected articles from World Animal Review*, FAO. 155-160.
- Kung, L., and Shaver, R. (2001). Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. Department of dairy science. University of Wisconsin.
- Losendahl, K. J., Wang, H., Aslam, M., Sixiang, Z., and Hurley, W. L. (2000). Antimicrobial proteins in milk [On-line]. Available: http://www.classes.ag.uiuc.edu/An_Sci.308/antimicroprot_IDR.html. November 16, 2000.
- McDonald, P., Henderson, A. R., and Heron, S. J. E. (1991). *The Biochemimistry of Silage*. Marlow Chalcombe Publications. London.
- Mertens, D. R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical model of ruminal unction. *J. Anim. Sci.* 64: 1548.
- National Research Council. (1988). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 4th Ed. National Academy Press. Washington D.C.
- National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Ed. National Academy Press. Washington D.C.

- Nwokoro, S. O., and Ekhosuehi, E. I. (2005). Effect of replacement of maize with cassava peel in cockerel diets on performance and carcass characteristics. *Trop. Anim. Health Prod.* 37(6): 495-501.
- Oldham, J. D. (1984). Protein-energy interrelationships in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67: 1090-1114.
- Onabowale, S.O. (1988). Processing of cassava for poultry feeds. In proceedings of a national workshop on alternative livestock feed formulations in Nigeria, edited by G. M. Babatunde. November, 21–25, Ilorin, Nigeria. p. 460–472.
- 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 C₃-C₄ in dilute solution. *Anal. Chem.* 43: 952.
- Preston, R. L. (2002). Typical composition of commonly used feeds for sheep and cattle [On-line]. Available: <http://www.vcn.vnn>.
- Reiter, B., Pickering, A., Oram, J. D., and Pope, G. S. (1963). Peroxidase-thiocyanate inhibition of streptococci in raw milk. *J. Gen. Microbiol.* 33: xii
- Reiter, B., and Harnulv, G. (1984). Lactoperoxidase antibacterial system: natural occurrence. Biological functions and practical applications. *J. Food Prod.* 47: 724-732.
- Skerman, P. J., and Riveros, F. (1990). Tropical Grass. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, FAO Plant production series No. 23. 832p.
- Seglar, B. (2003). Fermentation analysis and silage quality testing: Global agronomy and nutritional sciences. In Proceedings of the Minnesota Dairy Health Conference College of Veterinary Medicine (May 2003): University of Minnesota.
- Statistical Analysis System. (1988). SAS Users' Guide: Statistics. NC: SAS Institute
- Yang, C. M., Huang, S. C., Chang, T., Cheng Y. H., and Chang C. T. (2004). Fermentation acid, aerobic fungal growth, and intake of naiergrass ensiled with nonfiber carbohydrates. *J. Dairy Sci.* 87: 630-636.
- Wanapat, M., Petlum, A., and Pimpa, O. (2000). Supplementation of cassava hay to replace concentrate use in lactating Holstein-Friesian crossbreds. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 13: 600-604.

ภาคผนวก

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

Lounglawan, P., M. Khungaew, and W. Suksombat. 2011. Silage production from cassava peel and cassava pulp as energy source in cattle diets. J. Anim. Vet. Adv. 10(9):1007-1011.

2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- เชิงพาณิชย์ -
- เชิงนโยบาย -
- เชิงสาธารณะ -
- เชิงวิชาการ สามารถผลิตบัณฑิตในระดับมหาบัณฑิตได้ 1 คน

3. อื่นๆ

เมฆ ขวัญแก้ว, พิพัฒน์ เหลืองลาวัญญ์ และวิศิษฐ์พร สุขสมบัติ. 2553. การใช้เปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารหยาบหมัก. วารสารวิชาการ ม.อบ. 12 (3): 92-103.

Khungaew, M., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2009. Silage Production from Cassava Peel as Energy Source. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia.

Lounglawan, P., M. Khungaew, W. Lounglawan, and W. Suksombat. 2010. Utilization of Cassava Peel as Energy Source of Silage. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Silage Production from Cassava Peel and Cassava Pulp as Energy Source in Cattle Diets

Pipat Lounglawan, Mek Khungaew and Wisitiporn Suksombat
School of Animal Production Technology, Institute of Agricultural Technology,
Suranaree University of Technology, 111 University Avenue, Amphur Muang,
30000 Nakhon Ratchasima, Thailand

Abstract: Processing of the silage using cassava peel as energy source in dairy cow diets was studied. The experiment was conducted to investigate the chemical composition, degradability, lactic acid production and hydrocyanic acid content of various silages with varying cassava peel additions and ensiling times. The experiment was a 5×3 factorial design, completely randomized with factor A as the different formulated mixtures (0, 10, 20, 30 and 40% kg fresh weight of cassava peel) and factor B as the times of ensiling (14, 21 and 28 days). The results showed that cassava peel was appropriated to use as energy source in silage for dairy cows at 14, 21 and 28 days ensiling times. The content of hydrocyanic acid was at safety level for animals. The pH of all silages was in the range commonly accepted for international standard. The pH of good quality silage should approximately be 4.2. The DM degradability was increased as the addition level of cassava pulp in the silage increased. Lactic acid content of silage was highest at 14TH day ensiling time. The present study indicated that cassava peel and cassava pulp can be used as energy source in silage for dairy cows, particularly in Thailand where pastures are lacked during the dry period.

Key words: Cassava peel, cassava pulp, hydrocyanic acid, silage, cattle diets, Thailand

INTRODUCTION

Shortage of pasture and good quality feed sources normally occurs particularly during the dry season in Thailand. Moreover, concentrate meal play a major role in the cost of milk production accounting for 60-70%. Price of other feedstuffs used as energy source in the concentrate such as corn and cassava chip dramatically increased since, they are competed for ethanol production. Therefore, agro-industrial by-products such as cassava peel and cassava pulp becomes widely utilized. From cassava starch production 3% of cassava peel is obtained therefore, approximately 552,000 ton of cassava peel is produced per year.

This considered being a great volume for animal feed. In addition, cassava peel contained 62.5-71.0% Nitrogen Free Extract (NFE), 1.65-2.96 Mcal GE kg DM⁻¹ and 1.03 Mcal DE kg DM⁻¹ which are suitable for cattle feed. (Adegbola, 1980; Devendra, 1977; Nwokoro and Ekhusuehi, 2005). However, cassava or cassava peel contains a substance, cyanogenic glucosides which are in the tissues of cassava especially the head and leaf. When tissue is destroyed, cyanogenic glucoside

are disintegrated to hydrocyanic acid and becomes toxic to human and animal. If human receives only 1.4 mg of hydrocyanic acid per kg body weight, he will die. Concentration of hydrocyanic acid in cassava leaves vary but the average is approximately 180-200 mg kg⁻¹ fresh leaves. Hydrocyanic acid content in leaves is less than in roots.

The analysis found that hydrocyanic acid in cassava tissue is approximately 15-50 ppm while in cassava peel is approximately 623 ppm. Hydrocyanic acid varies according to species (Soper *et al.*, 1977) but can destroy or reduce the toxins by using heat or sunlight. In addition, fermentation will reduce the amount of hydrocyanic acid to a level that does not harm the animals. The objective of the present research was to demonstrate the use of cassava peel and cassava pulp as energy source feedstuffs in silage.

MATERIALS AND METHODS

Feedstuffs (Cassava peel, corn husk, cassava pulp and brewer's grain) were analyzed for chemical composition. Feed samples were composited and sub

Table 1: Formulations of silage from various agricultural by-products

Diets	Silage formulation (Kg fresh weight)				
	1	2	3	4	5
Corn husk	42	42	42	42	42
Cassava peel	0	10	20	30	40
Cassava pulp	40	30	20	10	0
Brewers' grain	14	14	14	14	14
Molasses	3	3	3	3	3
Urea	1	1	1	1	1
Total	100	100	100	100	100

sampled were taken for further chemical analysis. After being dried (60°C) and ground to pass a 1 mm screen in a Wiley mill, feed samples were analyzed in duplicate for Dry Matter (DM) by drying a 1 g sample in duplicate at 60°C in a conventional oven for 36 h for ash by burning a 2 g sample at 500°C for 3 h in a muffle furnace for ether extract and Nitrogen (N) by the method of AOAC (1990) for Neutral Detergent Fiber with residual ash (NDF); Acid Detergent Fiber (ADF) and Acid Detergent Lignin (ADL) by the method of Goering and van Soest (1970) and degradation in the rumen by Nylon bag technique (Orskov *et al.*, 1980).

The feedstuffs that had been subjected to laboratory analyses were used to formulate five different silages by varying level of cassava peel (0, 10, 20, 30 and 40 kg fresh weight) on a laboratory scale basis (Table 1). They were then thoroughly mixed and placed in airtight plastic bag and poly-ethylene bag respectively. These mixtures were ensiled for 14, 21 and 28 days.

The experimental design was thus, a 5×3 factorial arrangement giving a total of 15 treatments with four replications in each treatment. On the end of the respective ensiling time, samples were taken and freeze dried for DM determination. Dried samples were then ground and analyzed for ash, crude protein, crude fiber, fat concentration (AOAC, 1990) for NDF and ADF (Goering and van Soest, 1970) for pH using pH meter for acetate butyrate and lactate using Gas Chromatography (GC) (Ottenstein and Bartley, 1971) and for rumen degradability or in sacco digestibility using the method of Orskov *et al.* (1980) and Orskov and McDonald (1979). Analysis of hydrocyanic acid use the method described by Indira and Sinha (1969). All data measured were subjected to Analysis of Variance (ANOVA) using SAS procedures (Statistical Analysis System).

RESULTS AND DISCUSSION

Chemical composition and DM degradability of feedstuffs are shown in Table 2. Corn husks were high in dry matter which is probably because high ambient temperature during drying corn husk). Soper *et al.* (1977) using corn cobs sweet as roughages in dairy cows

Table 2: Chemical compositions of agricultural by-products used in the experiment (Mean±SE)

Results	Feedstuffs			
	Cassava peel	Cassava pulp	Corn husk	Brewers' grain
DM	25.19±0.36	22.97±0.82	94.07±0.04	91.23±0.06
CP	1.04±0.18	2.03±0.16	1.83±0.06	33.17±0.92
Fat	1.92±0.82	0.13±0.10	0.92±0.20	7.32±0.82
Ash	17.66±1.76	7.38±0.62	2.50±0.12	4.80±0.01
CF	10.79±0.48	12.28±0.98	34.27±2.50	13.11±0.10
NDF	70.97±0.04	61.36±0.01	85.85±2.74	50.31±2.48
ADF	18.73±1.62	14.68±0.14	38.73±0.46	16.65±0.64
ADL	7.15±0.24	5.16±1.28	15.85±0.24	9.18±0.24
NFC	3.41±0.44	24.81±1.72	9.70±2.44	8.62±5.38
NDIN	0.35±0.01	0.21±0.02	0.16±0.01	0.70±0.04
NDINCP	2.20±0.06	1.33±0.08	0.99±0.01	4.39±0.24
ADIN	0.19±0.02	0.37±0.02	0.15±0.02	0.55±0.02
ADINCP	1.18±0.10	2.31±0.12	0.93±0.06	3.44±0.10
HCN (ppm)	399.01±10.16	211.74±5.92	-	-
TDN _{ix} (%) ^{1/}	42.05±2.94	52.17±2.60	38.36±1.70	65.77±1.62
DE _{ix} (Mcal kg ⁻¹) ²	1.88±0.04	2.08±0.14	1.58±0.06	3.80±0.26
DE _p (Mcal kg ⁻¹)	2.12±0.08	2.16±0.10	1.86±0.02	3.62±0.22
ME _p (Mcal kg ⁻¹) ³	1.69±0.08	1.72±0.10	1.43±0.02	3.21±0.22
NE _{Lp} (Mcal kg ⁻¹) ⁴	1.00±0.06	1.02±0.08	0.81±0.02	2.07±0.16
dg ⁵	58.1	60.7	38.8	57.4

^{1/}TDN_{ix} (%) = tdNFC+tdCP+(tdFA×2.25)+tdNDF - 7; ^{2/}YDE_{ix} (Mcal kg⁻¹) = [(tdNFC/100)×4.2]+[(tdNDF/100)×4.2]+[(tdCP/100)× 5.6]+ [(FA/100) ×9.4] - 0.3 Discount = [(TDN_{ix} - [(0.18×TDN_{ix}) - 10.3])×Intake] TDN_{ix} DE_p (Mcal kgDM⁻¹) = DE_{ix} × Discount; ^{3/}ME_p = [1.01×(DE_p) - 0.45] + [0.0046×(EE - 3)]; ^{4/}NE_{Lp} = [(0.703×ME_p (Mcal kg⁻¹)] - 0.19+ [(0.097× ME_p+0.19)/97]×[EE - 3]; ^{5/}dg are effective degradability of DM (%)

showed that corn cobs sweet contained 6.5% protein, 1.0% fat, 36.6% crude fiber, 68.2% NDF and 41.1% ADF. Corn husk in the present study had 1.0% protein, 34.3% fiber and 38.7% which were lower than reported by Soper *et al.* (1977).

Cassava peel has higher dry matter than that reported by Adegbola (1980) (25.2 and 13.5%, respectively). Nwokoro and Ekhoehi (2005), Devendra (1977) and Adegbola (1980) found that cassava peel had 4.3, 4.8 and 6.5% protein, respectively while ashes were 1.0, 4.2 and 6.5%, respectively. Cassava peel was low in protein (1.0%) and high in ash (17.7%). The percentage of fiber is close to Nwokoro and Ekhoehi (2005) and Adegbola (1980) reports (10.8, 12.0 and 10.0%, respectively).

Cassava pulp showed less DM (22.8%) than those reported by Mueller *et al.* (1978) and Suksombat *et al.* (2007) (88.8 and 92.6 %, respectively) while protein (2.0%) was similar to Preston. However, crude fiber (12.3%), NDF (61.4%) and ADF (14.7%) were higher than reported by Preston (5.0, 34.0 and 8.0%, respectively). Cassava contains relatively high crude fiber, NDF and ADF. The nutrient values of cassava peel are dependent on climatology, soil fertility, species, age of harvest, processing, etc. (Mueller *et al.*, 1978). Brewers' grain is a source of protein feedstuff. It contained 33.2% CP which was higher than those reported by Suksombat and

Table 3: Dry Matter content (DM), chemical compositions in DM, HCN, TDN and degradability of silage after 14, 21 and 28 days of ensiling

Periods	Formula	HCN	DM	CP	Fat	Ash	CF	NDF	ADF	TDN _{ix} (%) ^{1/}	dg DM	dg CP
14 days	1	19.4900	39.7000	15.4000	1.4000	4.0000	21.2000	63.7000	25.2000	47.6000	56.2	66.6
	2	21.0000	38.5000	14.6000	1.9000	5.3000	20.7000	61.4000	25.8000	47.8000	57.0	63.2
	3	22.4900	38.1000	14.4000	2.3000	7.0000	22.2000	67.2000	27.6000	46.8000	55.7	71.1
	4	23.9800	41.0000	12.2000	1.7000	6.9000	25.5000	72.9000	32.6000	47.2000	52.1	63.9
	5	25.4600	40.9000	15.2000	2.5000	8.7000	23.0000	63.6000	26.8000	45.6000	50.5	62.4
21 days	1	11.6200	41.1000	13.4000	1.0000	3.6000	20.1000	64.5000	27.2000	52.7000	45.6	50.5
	2	14.4700	40.9000	12.3000	1.4000	4.8000	23.5000	68.6000	30.6000	52.9000	49.7	57.5
	3	17.3100	41.5000	13.1000	2.1000	6.1000	24.0000	69.0000	31.4000	51.4000	45.9	59.6
	4	20.1300	42.6000	12.0000	1.4000	8.6000	25.3000	68.9000	32.4000	51.4000	44.4	61.7
	5	22.9300	42.9000	13.4000	1.9000	7.0000	26.1000	70.5000	32.7000	48.5000	46.4	58.5
28 days	1	9.0900	38.5000	13.2000	0.8000	3.6000	23.4000	68.2000	30.0000	52.8000	50.9	62.6
	2	10.9300	41.8000	14.5000	2.8000	4.7000	23.9000	69.5000	30.8000	52.1000	50.5	61.4
	3	12.7600	42.1000	11.6000	1.7000	5.6000	23.8000	69.6000	32.1000	52.3000	50.9	50.8
	4	14.5700	43.5000	13.0000	1.2000	7.7000	25.0000	74.2000	32.8000	52.0000	46.5	61.7
	5	16.3700	43.5000	12.7000	2.1000	6.9000	25.7000	68.4000	32.0000	49.4000	52.1	63.6
SEM		0.8700	0.8600	0.3300	0.1600	0.3400	0.4200	0.8100	0.6400	2.5400		
Ensiled period		0.0001	0.0289	0.0001	0.1853	0.3033	0.0039	0.0007	0.0001	0.0001		
Formula		0.0067	0.4089	0.0029	0.0007	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.2355		
Ep×F		0.9844	0.9997	0.0077	0.2022	0.4678	0.0918	0.0342	0.3169	0.8974		

HCN, Hydrocyanic acid; DM, Dry Matter; CP, Crude Protein; CF, Crude Fiber; ADF = Acid-detergent Fiber; NDF = Neutral-detergent Fiber; dg DM, Degradability of DM; dg CP, degradability of CP; SEM, Standard Error of the Mean; EP, Ensiled Period; F, Formula. ¹TDN_{ix} (%) = $\text{tdNFC} + \text{tdCP} + (\text{tdFA} \times 2.25) + \text{tdNDF} - 7$

Lounglawan (2004) and NRC (2001) (28.4 and 27.3%, respectively). Fat content was similar to the report of Suksombat and Lounglawan (2004) (7.3 and 8.0%, respectively) while crude fiber was 13.1% and NDF was 50.3% which is lower than reported by Suksombat and Lounglawan (2004) (15.2 and 62.2%, respectively). In consistent with Porter and Conrad (1975) who reported that the brewers' grain contained 13.0-15.0% crude fiber. However, the chemical composition of the brewers' grain is depended on the type of grain, performance of extracted carbohydrate soluble and the time used for extraction. The remaining brewers' grain in is most parts of the shell or husk of grain (Armentano *et al.*, 1986).

Degradation of DM (effective degradability of DM; dg DM) of cassava pulp was higher than the report of Suksombat *et al.* (2007) (60.7 and 56.8%, respectively). This is probably because cassava pulp has high soluble carbohydrate. The DM degradability of cassava peel was similar to that of cassava pulp. Brewers' grain had lower DM degradability than reported by Suksombat and Lounglawan (2004) (57.4 and 62.7%, respectively) while corn husk had very low DM degradability (38.8%) but was higher than in bagasse (21.2%) (Suksombat, 1999). Degradability of feed in ruminants is affected by many factors such as quality, quantity, physical form, particle size and passage rate (Moon *et al.*, 2003). Moon *et al.* (2003) found low digestibility of forest by-product silage relating to high crude fiber contents.

Chemical composition of five ensiled agricultural by-products and duration of fermentation (14, 21 and 28 days) is shown in Table 3. There were significant differences in HCN ($p < 0.01$) between duration of fermentation. HCN was high in 14 days fermentation

silage and then declined when time of ensiling increased (21 and 28 days fermentation). This is probably because during fermentation microorganisms can decompose the cyanogenic glucoside together with increasing silage temperature. Gomez and Valdivieso (1988) reported that after 26 weeks fermentation of cassava the amount of HCN decreased to 36% of DM ($p < 0.05$) among periods of fermentation.

McDonald *et al.* (1991) found that DM of grass increased with increasing fermentation times which was probably due to loss of moisture and acids during fermentation. There were statistically significant differences in CP content ($p < 0.01$) between period of fermentation, formula and interaction between period of ensiling and formula.

This possibly caused by the decomposition of urea by urease and the ammonia loss during ensilage. Catchpoole (1962) reported that when grass was fermented, the percentage of CP decreased as compared to before fermentation. This could be due to microbial activity degrading CP and released large amount of ammonia.

A reduction in CP content from formula 1-5 is probably due to losses in ammonia from urea addition occurring during ensiling process. Johnson *et al.* (1967) found that urea treatment of corn silage tended to increase the formation of ammonia and reduce the content of crude protein. Fat and ash increased with increasing cassava peel addition. Because cassava peels had higher contents fat and ash than in cassava. NDF and ADF increased from formula 1-5 ($p < 0.05$) NDF and ADF tended to increase as the level of DM increased. The degradation of DM in the rumen is shown in Table 3.

Table 4: pH, organic acids of silage after 14, 21 and 28 days of ensiling
g kg⁻¹ DM

Ensiled periods	Formula	pH	Lactate	Acetate	Butyrate
14 days	1	4.2000	45.5000	27.4000	nil
	2	4.0000	46.0000	24.8000	nil
	3	4.0000	45.1000	23.1000	nil
	4	4.1000	46.2000	27.9000	nil
	5	4.0000	44.6000	32.1000	nil
21 days	1	4.2000	41.3000	23.4000	7.0
	2	4.0000	40.5000	29.9000	7.0
	3	4.0000	38.7000	35.5000	nil
	4	4.0000	42.4000	35.7000	nil
	5	3.9000	40.1000	32.6000	nil
28 days	1	4.2000	37.4000	34.8000	9.5
	2	4.0000	34.7000	36.4000	7.1
	3	4.0000	32.8000	39.5000	7.3
	4	4.0000	37.4000	41.5000	6.8
	5	3.9000	35.3000	37.8000	nil
SEM		0.0300	0.8600	1.5000	
Ensiled period		0.2407	0.0001	0.0001	
Formula		0.0001	0.2130	0.0601	
EP×F		0.9547	0.9714	0.2908	

SEM; Standard Error of the Mean, EP, Ensiled Period; F, Formula

DM degradability at 14th day fermentation period reduced when the level of cassava peel increased (0, 10, 20, 30 and 40%, respectively) however at fermentation period of 21st and 28th day, DM degradability reduced probably due to increased dry matter as the duration of fermentation increased. CP degradability was varied probably due to variation of protein levels in different formula.

Level of pH and Volatile Fatty Acids (VFAs) concentration are shown in Table 4. Formulation also had significant effects on pH but not on lactic acid and acetic yield. The pH of all silages was in the range commonly accepted for international standard. The good quality silage should have pH around 4.2 (Kung *et al.*, 1998). The lactic acid production decreased while acetic acid increased with increasing time of ensiling ($p < 0.05$). During the early stage of fermentation, the coliform bacteria are active. These organisms multiply until about the 7th day after ensilage and then decrease in numbers. Following this period, they are progressively replaced by the slower growing high acid-producing Lactobacilli. The pH of the silage drops as a result of high lactic and acetic acids produced. The result of the present study showed lower pH but higher lactic and acetic acid yields at 14th day than other periods of ensilage. Following the 1st 2 weeks of ensiling the pH increased while acid productions declined with increasing time of ensiling. A reduction of lactic acid with increasing time of ensiling can be attributed to the utilization of lactic acid produced by Lactobacilli during the early fermentation by other microorganisms (Woolford, 1984). Butyric acid yield could not be detected at 14th day fermentation but could be detected at 21st and 28th day fermentation periods.

CONCLUSION

The chemical compositions of agricultural by-products were in the same range generally reported in various studies. Cassava peel was found to be suitable to use as an energy source feedstuff in the fermentation of silage. However, cassava peel is low in protein and high in ash percentage, it must be used with high-protein feedstuffs as protein sources such as brewers' grain and urea. HCN was high at 14th day fermentation and then declined to the level that was not harmful to animals at 21st and 28th day fermentation. The pH of all silages was in the range commonly accepted for international standard. Lactic acid was highest at 14th day fermentation period and then declined at 21st and 28th day fermentation. This research indicates that some agricultural by-products have a high potential to improve quality and to utilize in various forms of dairy cattle's feeds particularly in the form of silage. Well-balanced nutrient ensiled by-products need to be fermented for at least 14 days provided that optimum levels of brewers' grain and molasses are added.

ACKNOWLEDGEMENTS

The researchers would like to thank University Dairy Farm for providing the experimental cow and shed and the Center for Scientific and Technological Equipment for providing laboratory facilities. Financial supports were provided by Thai Research Fund (TRF) and Office of the Higher Education Commission (OHEC).

REFERENCES

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis. 15th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. USA., pp: 200-210.
- Adegbola, A.A., 1980. New feed resources for nigerian livestock. Disc. Niger. Acad. Sci., 2: 50-63.
- Armentano, L.E., T.A. Herrington, C.E. Polan, A.J. Moe, J.H. Herbein and P. Umstadt, 1986. Ruminant degradation of dried brewers grains, wet brewers grains and soybean meal. J. Dairy Sci., 69: 2124-2133.
- Catchpoole, V.R., 1962. The ensilage of sorghum at range of crop maturities. Aust. J. exp. Agric. Husb., 2: 101-105.
- Devendra, C., 1977. Cassava as a Feed Source for Ruminants. In: Cassava as Animal Feed, Nestle, B. and M. Graham (Eds.). IDRC, Canada, pp: 107-119.
- Goering, H.K. and P.J. van Soest, 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agriculture Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.

- Gomez, G. and M. Valdivieso, 1988. The effects of ensiling whole root chips on cyanide elimination. *Nutr. Report Int.*, 37: 1161-1166.
- Indira, P. and S.K. Sinha, 1969. Colorimetric method for determination of HCN in tubers and leaves of Cassava (*Manihot. Esculenta* Crantz). *Indian J. Agric. Sci.*, 39: 1021-1023.
- Johnson, R.R., K.E. McClure, E.W. Klosterman and L.J. Johnson, 1967. Plant Maturity. III. Distribution of Nitrogen in Corn Silage Treated with Limestone, Urea and Diammonium Phosphate. *J. Anim. Sci.*, 26: 394-399.
- Kung, L.J., A.C. Sheperd, A.M. Smagala, K.M., Endres, C.A. Bessett, N.K. Ranjit and J.L. Glancey, 1998. The effects of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 81: 1322-1330.
- McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron, 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd Edn., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK., ISBN: 0-948617-22-5, pp: 340.
- Moon, H.S., B.T. Jeon, S.M. Lee, K.H. Kim and R.J. Hudson, 2003. Voluntary Intake, digestibility and nitrogen balance in spotted deer (*Cervus nippon*) fed forest By-product silage, Oak leaf hay and commercial mixed ration. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16: 702-705.
- Mueller, Z., K.C. Chon and K.C. Nah, 1978. Cassava, a total substitute for cereals in livestock and poultry rations. *Ruminant Nutrition: Selected Articles from World Animal Review*, FAO, pp: 155-160.
- NRC, 2001. *Nutrients Requirements of Dairy Cattle*. 7th Edn., National Academy Press, Washington DC., pp: 157.
- Nwokoro, S.O. and E.I. Ekhosuehi, 2005. Effect of Replacement of Maize with Cassava Peel in Cockerel Diets on Performance and Carcass Characteristics. *Trop. Anim. Health Prod.*, 37: 495-501.
- Orskov, E.R. and I. McDonald, 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-503.
- Orskov, E.R., F.N. Deb-Hovell and F. Mould, 1980. The use Nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.*, 5: 195-213.
- Ottenstein, D.M. and D.A. Bartley, 1971. Improved gas *Chromatography separation* of free acids C2-C5 in dilute solution. *Anal. Chem.*, 43: 952-955.
- Porter, R.M. and H.R. Conrad, 1975. *Comparative nutritive* value of wet and dried brewers grains for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 58: 747-749.
- Soper, I.G., F.G. Owen and M.K. Nielsen, 1977. Hydroxide treated corn cobs fed with corn silages in complete rations. *J. Dairy Sci.*, 60: 596-601.
- Suksombat, W. and P. Lounglawan, 2004. Silage from agricultural by-products in Thailand: Processing and storage. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 17: 473-478.
- Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Noosen, 2007. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. *Suranaree J. Sci. Technol.*, 14: 99-107.
- Suksombat, W., 1999. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. *Suranaree J. Sci. Technol.*, 6: 150-157.
- Woolford, M.K., 1984. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker, Inc., New York.