

บทที่ 4

การศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบด ในอาหารชั้นต่อการให้ผลผลิตโคนม

4.1 บทนำ

ปัจจุบันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเฉพาะวัตถุดิบประเภทที่ให้พลังงานนั้นมีราคาสูง เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังตากแห้ง รำข้าว และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองในปัจจุบันนั้น หลังจากการใช้เทคนิค screw press ในการรีดน้ำมันออกแล้ว ยังตามด้วยการใช้ solvent เช่น hexane ในการละลายน้ำมันออกมา จนเหลือน้ำมันในกากถั่วเหลืองต่ำกว่า 1% ประกอบกับราคากากถั่วเหลืองได้เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา และความต้องการในการใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีนสูงในไก่และสุกรเพิ่มมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจึงมีการกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองออกก่อนที่จะนำเนื้อในถั่วเหลืองไปสกัดน้ำมันต่อไป จึงทำให้มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม (co-products) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตาม การนำเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้เป็นอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่ในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง แต่โคนมสามารถอาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะหมักช่วยในการหลังเอนไซม์มาช่วยเพิ่มการย่อยได้เยื่อใย ทำให้โคนมได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้นและน่าจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีไขมันอยู่บ้างเมื่อโคนมกินเข้าไป ไขมันในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอาจทำให้กรดไขมันในน้ำนมเปลี่ยนไป การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารชั้นต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม และกรดไขมันในน้ำนม

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารชั้นต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และกรดไขมันในน้ำนม

4.3 วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานในอาหารชั้นต่อการให้ผลผลิตของน้ำนม คุณภาพของน้ำนม น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงของโคนม ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟริเซียน (Crossbred Holstein Friesian) ซึ่งอยู่ในระยะต้นของการให้นม (Early lactation)

4.3.1 อาหารทดลอง

- อาหารทดลองที่ 1 (T1) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 0% ในสูตรอาหารชั้น
 อาหารทดลองที่ 2 (T2) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10% ในสูตรอาหารชั้น
 อาหารทดลองที่ 3 (T3) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20% ในสูตรอาหารชั้น

4.3.2 แผนการทดลองและการจัดการให้อาหาร

จัดแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยจัดโคนม ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเซียนออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองและทำการจัดกลุ่มแบบ Stratified random balance group โดยให้มีค่าใกล้เคียงกันตามปริมาณการให้น้ำนม ระยะเวลาในการให้น้ำนม อายุ (เดือน) และ น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ในระยะต้นของการให้นม จำนวน 24 ตัว (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโคนมที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	16.3 \pm 3.3	16.2 \pm 4.2	16.3 \pm 4.4
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	82 \pm 44.3	85 \pm 39.4	86 \pm 42.5
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	417 \pm 53.2	417 \pm 67.5	410 \pm 49.7
อายุ (เดือน)	41.25 \pm 15.8	44.5 \pm 14.4	39.6 \pm 12.7

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงอยู่ในรูป (Mean \pm SD)

โคนมทุกตัวถูกขังคอกเดี่ยวมีอ่างสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการผสมอาหารชั้นทั้งสิ้น 3 สูตรด้วยเครื่องผสมอาหาร ในการให้อาหารกับโคนมจะให้ป็นรายตัวโดยจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารชั้น (Concentrate) และอาหารหยาบ (Roughage) ให้อาหารชั้น จำนวน 9 กก./ตัว/วัน ให้วันละ 3 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น. 11.00 น. และ 16.00 น. โดยทุกกลุ่มการทดลองจะได้รับแหล่งของอาหารหยาบชนิดเดียวกัน คือ หญ้าหมัก ของทุกวันตลอดการทดลอง โดยโคนมในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารชั้นตามสูตรอาหารดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงชนิด และปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ/100 กิโลกรัม (น้ำหนักสด)	สูตรที่ 1 (0 % SH)	สูตรที่ 2 (10 % SH)	สูตรที่ 3 (20 % SH)
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	0	10	20
ข้าวโพด	20	10	0
มันเส้น	15.5	15.5	15.5
กากมันสำปะหลัง	14	14	14
กากถั่วเหลือง	14.9	14.9	14.9
กากปาล์ม	25	25	25
กากน้ำตาล	5	5	5
ยูเรีย	2.6	2.6	2.6
แร่ธาตุ	2.5	2.5	2.5
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5

หมายเหตุ : SH = Soybean Hulls

กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารสูตร 0%SH และอาหารหยาบ

กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารสูตร 10%SH และอาหารหยาบ

กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารสูตร 20%SH และอาหารหยาบ

4.3.3 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อทำการสุ่มโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองแล้ว ทำอาหารให้อาหาร และใช้ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ และช่วงการเก็บข้อมูล 30 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ช่วงการทดลอง ช่วงละ 5 วัน โดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

4.3.3.1 การกินได้

ชั่งและบันทึกปริมาณอาหารที่กิน รวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินเป็นรายตัว เก็บทุกๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยสุ่มเก็บอาหารแต่ละชนิด (อาหารชั้นกลุ่มควบคุม อาหารชั้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate Analysis ดังต่อไปนี้ คือ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โปรตีน (Crud protein, CP) ไขมัน (Ether extract, EE) และ เถ้า (ash) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใย (crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใย (detergent

analysis) ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) ได้แก่ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL)

4.3.3.2 น้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองของโคนมทุกตัวทั้ง 3 กลุ่มการทดลองโดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ในช่วงเช้าหลังจากรีดนมเสร็จ

4.3.3.3 ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

ทำการบันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวทุกๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยแบ่งเป็นนมช่วงเย็นและช่วงเช้านำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ได้แก่ ไขมันนม โปรตีนนม แล็กโตส ของแข็งพร้อมไขมัน (solid not fat) และของแข็งรวมในน้ำนม (Total solid) และ Fatty acid ในน้ำนม

4.3.3.4 การศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของ Fatty acid

1. อาหารสัตว์

สุ่มเก็บอาหารแต่ละชนิด (อาหารชั้นกลุ่มควบคุม , อาหารชั้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) ตัวอย่างอาหารนำมาสกัดน้ำมัน คัดแปลงตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยนำตัวอย่างที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างละ 15 กรัม สกัดด้วย Chloroform – methanol (2 :1 v/v) ปริมาณ 90 ml นำไปปั่น (homogenize) เป็นเวลา 2 นาที แล้วเติม Chloroform ปริมาณ 30 ml และ 0.58 NaCl ปริมาณ 5 ml เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยให้สารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40°C ด้วย Rotary Evaporator บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้ จากนั้นเก็บไว้ภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะนำมา Methylation

2. น้ำนม

สุ่มเก็บน้ำนมดิบช่วงสุดท้ายของการทดลองทั้งช่วงเย็นและเช้า (รวมกัน) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที ชั้นของไขมัน (Fat cake) จะแยกอยู่ชั้นบนของน้ำนม แยกชั้นของไขมันออกมาเพื่อนำไปสกัดไขมันต่อไปตามวิธีการของ Kelly et al. (1998) โดยนำชั้นของไขมันมาสกัดด้วย hexane – isopropanol (3:2 v/v) 18 ml/ g Fat cake นำไปเขย่า (vortex) จากนั้นเติม Sodium sulfate solution (6.7 % Na₂SO₄) ปริมาตร 12 ml/ g fat cake จากนั้นชั้นของ hexane จะแยกออกมาด้านบน ให้แยก hexane ให้แยกออกมาจากหลอดทดลองที่เติม Na₂SO₄ 1 กรัม ทิ้งไว้ 30 นาที ย้ายและเก็บไว้ภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ -20°C จนกระทั่งทำการ Methylation หลังจากนั้น

นำตัวอย่าง Fatty acid methyl ether (FAME) ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ Fatty acid ในน้ำมันโดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

การทำ Methylation ดัดแปลงตามวิธีของ Ostrowska et al. (2000) ดังนี้ซึ่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 30 mg ใส่หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 ml จากนั้นเติม 1.5 ml ของ 0.5 N NaOH/MeOH ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศในหลอดด้วยด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท และให้ความร้อนที่ 100°C ใน Water bath นาน 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างแรง 1 – 2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปกติ การทำ Saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใสไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ จากนั้นเติม 14 % BF_3/MeOH ปริมาตร 2 ml ใส่ในหลอดทดลอง แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจนและให้ความร้อนที่ 100°C Water bath นาน 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างแรง 1 – 2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปกติ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 ml แล้วย้าย Solution ที่ได้จากการทำ Methylation ลงในหลอดเซนตริฟิวซ์ฝาเกลียวขนาด 50 ml นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 5000 rpm ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อให้ liquid – liquid phase แยกได้ดีขึ้นแล้วทำการย้ายชั้น Hexane (ชั้นบน) และ Dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย Na_2SO_4 จากนั้นเก็บสารละลายในขวดสีชา ไล่อากาศออกด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นนำตัวอย่าง Fatty acid methyl ether ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ fatty acid โดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำมัน องค์ประกอบของน้ำมัน น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ความต้องการพลังงานและโปรตีน พลังงานและโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร ที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Orthogonal polynomial วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988)

4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและการประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารและอาหารหยาบ

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 คือสูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาหารทดลองสูตรที่ 2 คือสูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และ อาหารทดลองสูตรที่ 3 คือ สูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองสูตรที่ 1 มีค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน ถั่ว

และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ปริมาณของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่ากับ 91.48, 19.70, 2.69, 6.00, 12.23, 31.43, 18.16 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 2 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ ระดับของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่ากับ 91.65, 22.38, 2.67, 6.22, 13.94, 31.85, 20.9 และ 3.21 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 3 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ ระดับของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่ากับ 91.83, 20.5, 2.43, 6.37, 16.15, 35.74, 25.12 และ 3.43 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมาคำนวณหาค่าโภชนะย่อยได้ (TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NE) ตามสมการ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่าโภชนะย่อยได้ ของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมีค่าเท่ากับ 74.72, 75.44 และ 72.56%ตามลำดับเช่นเดียวกับพลังงานย่อยได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.09, 3.12 และ 3.04 Mcal/kgDM ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.67, 2.73 และ 2.63 Mcal/kgDM ตามลำดับ และพลังงานสุทธิ มีค่าเท่ากับ 1.69, 1.73 และ 1.66 Mcal/kgDM ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการเพิ่มระดับการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจาก 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร ไม่ทำให้ปริมาณของวัตถุดิบแห้ง ไขมัน และเถ้า ของแต่ละกลุ่มการทดลองเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.7, 22.38 และ 20.50% ตามลำดับ ไขมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69, 2.67 และ 2.43% ตามลำดับ ต่ำกว่าระดับที่ NRC (2001) แนะนำเล็กน้อย คือแนะนำที่ระดับ 3 % แต่ไม่สูงเกิน 5 % ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้เซลลูโลสในกระเพาะหมัก Church (1979) อ้างโดย เมธา (2533) แต่มีผลทำให้ NFC ลดลงและปริมาณเยื่อใยหยาบ NDF ADF และ ADL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 4.6) สอดคล้องกับรายงานของ กับรายงานของ Mansfield and Stern (1994); Elliott et al. (1995) และ Ipharraguerre et al. (2002a) ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของเยื่อใยอยู่ในระดับที่สูงกว่าข้าวโพด

สำหรับอาหารหยาบคือข้าวโพดหมัก พบว่าวัตถุดิบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.89% ใกล้เคียงกับรายงานของ ชิดชนก (2548) รายงานว่ามีเท่ากับ 29.89 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่า เพลิน (2545) ซึ่งรายงานวัตถุดิบแห้งของข้าวโพดหมักเท่ากับ 35.84% โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76% มีค่าต่ำกว่า ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 9.91 % แต่สูงกว่า ชุตติมา (2544) และเพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ 6.97 และ 7.55% ตามลำดับ ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 1.30% อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับ ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 1.39% แต่พบว่าต่ำกว่า ชุตติมา (2544) ซึ่งรายงานที่ระดับ 3.42% ถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.12% พบว่าสูงกว่า ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 12.81% แต่พบว่าต่ำกว่ารายงานของชุตติมา (2544) และเพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ

15.73 และ 15.14 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในข้าวโพดหมักมีค่าค่อนข้างสูงทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนของเศษดินและทราย ในระหว่างการทำข้าวโพดหมัก เยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.27% พบว่ามีค่าสูงกว่า ซิดชนก (2548) และเพลิน (2545) ที่รายงานที่ระดับ 24.51 และ 22.81% ตามลำดับ NFC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.05 % พบว่ามีค่าต่ำกว่า ซิดชนก (2548) รายงานที่ระดับ 23.92% ซึ่ง NRC (2001) และ Mertens (1987) แนะนำที่ระดับ 36-44% และ 30% ทั้งนี้โคที่ได้รับ NFC ในระดับต่ำอาจส่งผลกระทบต่อพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้ NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.09% พบว่ามีค่าสูงกว่า ซิดชนก (2548) และชุติมา (2544) รายงานที่ระดับ 51.97 และ 62.28% ตามลำดับ, ADF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.09% พบว่ามีค่าสูงกว่า ซิดชนก (2548) รายงานที่ระดับ 37.01% ADL ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74% พบว่ามีค่าต่ำกว่า ซิดชนก (2548) เพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ 4.59 และ 5.30% ตามลำดับ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NFC ในข้าวโพดหมักที่ได้มีค่าแตกต่างกันออกไปอาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด เพื่อนำมาทำข้าวโพดหมักอาจจะแตกต่างกันออกไป

หญ้าหมักพบว่าวัตถุดิบแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.49% โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.51% มีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 6.40% ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 1.07% พบว่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 2.40% เถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.57% พบว่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 11.50% เยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.60% พบว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ที่รายงานที่ระดับ 39.90% NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.37% พบว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) รายงานที่ระดับ 55.40% ADF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.59% พบว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 35.0% ADL ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17% พบว่ามีค่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 5.2% ตามลำดับ

การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากอาหารชั้นสูตรทดลองที่ 1 อาหารชั้นสูตรทดลองที่ 2 อาหารชั้นสูตรทดลองที่ 3 และองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 และ 4.6 กล่าวคือ พลังงาน TDN (%TDN) พลังงานย่อยได้ (DE_p) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{Lp}) ที่ได้จากอาหารชั้นทดลองในแต่ละสูตรจะให้พลังงานแต่ละประเภทใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ในการคำนวณสูตรอาหารจะคำนึงถึงค่าของโภชนะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและอาหารหยาบ (Mean \pm SE)

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ	หญ้าหมัก	ข้าวโพดหมัก	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวเหลือง		
			0%	10%	20%
วัตถุดิบแห้ง	26.49 \pm 1.30	29.41 \pm 0.40	91.48 \pm 0.05	91.65 \pm 0.05	91.83 \pm 0.04
โปรตีน	7.51 \pm 0.03	7.76 \pm 0.15	19.70 \pm 0.004	22.38 \pm 0.10	20.50 \pm 0.20
ไขมัน	1.07 \pm 0.04	1.30 \pm 0.03	2.69 \pm 0.07	2.67 \pm 0.02	2.43 \pm 0.06
เยื่อใย	41.6 \pm 0.20	65.27 \pm 0.20	12.23 \pm 0.50	13.94 \pm 0.40	16.15 \pm 0.40
เถ้า	9.57 \pm 0.00	14.12 \pm 0.20	6.00 \pm 0.03	6.22 \pm 0.01	6.37 \pm 0.10
NFC	8.49 \pm 0.10	12.05 \pm 0.10	40.19 \pm 0.20	36.89 \pm 0.60	34.98 \pm 0.20
NDF	73.37 \pm 0.04	66.09 \pm 0.02	31.43 \pm 0.20	31.85 \pm 0.40	35.74 \pm 0.07
ADF	43.59 \pm 0.01	40.09 \pm 0.30	18.16 \pm 0.20	20.90 \pm 0.30	25.12 \pm 0.60
ADL	4.17 \pm 0.45	3.74 \pm 0.20	3.48 \pm 0.00	3.21 \pm 0.07	3.43 \pm 0.10
NDIN	0.71 \pm 0.00	0.66 \pm 0.00	2.37 \pm 0.35	2.72 \pm 0.30	2.21 \pm 0.03
NDICP	4.44 \pm 0.02	4.14 \pm 0.03	14.83 \pm 0.22	16.79 \pm 0.40	13.83 \pm 0.20
ADIN	0.53 \pm 0.03	0.56 \pm 0.04	0.82 \pm 0.00	0.85 \pm 0.00	0.73 \pm 0.203
ADICP	4.53 \pm 0.20	3.49 \pm 0.260	5.15 \pm 0.06	5.34 \pm 0.15	4.53 \pm 0.20

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 4.4 แสดงการจำแนกพลังงาน โดยการค้าความสมการของ NRC (2001) ที่ได้ปรับจากสูตรอาหารและอาหารหยาบ (Mean \pm SE)

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง	ระดับเบสไดออกซิมเมทิลดีอีวาท้อง				
	หญ้าหมัก	ข้าวโพดหมัก	0%	10%	20%
พลังงาน TDN (%TDN) ^{1/}	52.97 \pm 0.80	51.58 \pm 0.25	74.72 \pm 0.30	75.44 \pm 0.70	72.56 \pm 0.04
พลังงานย่อยได้ DE (DE _p) Mcal/kgDM ^{2/}	2.31 \pm 0.03	2.25 \pm 0.01	3.38 \pm 0.001	3.45 \pm 0.00	3.30 \pm 0.00
พลังงานใช้ประโยชน์ ME (ME _p) Mcal/kgDM ^{3/}	1.95 \pm 0.02	1.90 \pm 0.01	2.67 \pm 0.01	2.73 \pm 0.01	2.63 \pm 0.00
พลังงานสุทธิ NE (NE _{Lp}) Mcal/kgDM ^{4/}	1.18 \pm 0.01	1.14 \pm 0.01	1.69 \pm 0.01	1.73 \pm 0.00	1.66 \pm 0.00

หมายเหตุ: ^{1/}TDN_{ix}(%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF - 7

^{2/}DE_p (Mcal/kg) = DE_{ix} x Discount

DE_{ix} (Mcal/kg) = (tdNFC/100) x 4.2 + (tdNDF/100) x 4.2 + (tdCP/100) x 5.6 + (FA/100) x 9.4 - 0.3

Discount = [TDN_{ix} + ([0.18 x TDN_{ix}] - 10.3) x Intake] / TDN_{ix}

^{3/}ME_p (Mcal/kg) = [1.01 x (DE_p) - 0.45] + 0.0046 x (EE - 3) (กรณี EE > 3%)

ME_p (Mcal/kg) = 1.01 x DE (Mcal/kg) - 0.45 (กรณี EE < 3%)

^{4/}NE_p (Mcal/kg) = 0.703 x ME_p - 0.19 + [(0.0097 x ME_p + 0.19)/97] x [EE - 3] (กรณี EE > 3%)

NE_p (Mcal/kg) = [0.703 x ME_p (Mcal/kg)] - 0.19 (กรณี EE < 3%)

4.4.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

จากการทดลองปริมาณการกินได้โภชนะของ โคนม เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มการทดลองที่มีการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงดังตารางที่ 4.5 ดังนี้ปริมาณการกินได้วัตุแห้ง/ตัว/วัน พบว่าปริมาณการกินได้วัตุแห้งของอาหารชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.23, 8.25 และ 8.26 กิโลกรัมวัตุแห้งต่อ/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้วัตุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87, 6.76 และ 6.95 กิโลกรัมวัตุแห้งต่อ/ตัว/วันตามลำดับ และปริมาณการกินได้วัตุแห้งของอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.10, 15.01 และ 15.21 กิโลกรัมวัตุแห้งต่อ/ตัว/วันตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับปริมาณการกินได้วัตุแห้งต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kgW}^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 166, 163 และ 172 $\text{g/kgW}^{0.75}$ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

ปริมาณการกินได้โปรตีนต่อตัวต่อวัน พบว่าปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 514, 501 และ 526 กรัมวัตุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารชั้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1620, 1846 และ 1693 กรัมวัตุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2134, 2347 และ 2219 กรัมวัตุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kgW}^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.40, 25.57 และ 25.09 $\text{g/kgW}^{0.75}$ ตามลำดับ) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารชั้น และปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kgW}^{0.75}$) แต่พบว่าปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมทั้งหมด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic contrast)

ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิต่อตัวต่อวัน พบว่าปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11, 7.89 และ 8.20 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารชั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.92, 14.72 และ 13.72 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.03, 22.25 และ 21.92 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิต่อน้ำหนักตัว ($\text{g/kgW}^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24, 0.24 และ 0.25 $\text{g/kgW}^{0.75}$ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ปริมาณการกินได้ของ โคนมเป็นปัจจัยหนึ่งนี้อาจส่งผลต่อการให้ผลผลิตของ โคนมซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการได้รับโภชนะในอาหาร จากการทดลองวัดการกินได้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 พบว่าปริมาณการกินได้วัตุแห้ง ปริมาณการกินได้โปรตีน และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ โดยเปรียบเทียบอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าปริมาณการกินได้วัตุแห้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อระดับการ

ทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้อาจเมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้มีส่วนของ NDF ในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นตาม วิโรจน์ (2546) กล่าวว่า NDF จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราการกินได้ของโค ถ้าค่า NDF สูงจะมีสัดส่วนกับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มากขึ้นและอาหารจะมีความฟ้ามมากขึ้นหรืออาหารจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะนานขึ้นส่งผลทำให้การกินได้ลดลง ทั้งนี้ปริมาณการกินได้รวมจะส่งผลถึงการให้ผลผลิตน้ำนม และการดำรงชีพอื่นๆ ดังนั้นปริมาณการกินได้จึงมีความสำคัญต่อการนำมาพิจารณา ร่วมกับการให้ผลผลิตเพราะหากโคได้รับปริมาณโภชนาที่ไม่เพียงพอจะส่งผลทำให้โคนมไปสลายเอาไขมันมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทำให้โคผอมลงได้ และจากการศึกษาปริมาณการกินได้โปรตีน พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณการกินได้โปรตีนรวมสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าในอาหารสูตรทดลองที่ 1 และ 3 ส่วนปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมเมธาบอลิก ทั้งนี้เนื่องมาจากโคนมทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารชั้นในปริมาณเท่ากัน ซึ่งในอาหารชั้นมีพลังงาน TDN ใกล้เคียงกันทั้ง 3 สูตรและในอาหารชั้นมีพลังงาน TDN สูงกว่าอาหารหยาบมาก ดังนั้นปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบจึงเป็นตัวแปรที่จะทำให้ได้รับพลังงานต่างกันเนื่องจากการได้รับอาหารหยาบในการทดลองเป็นแบบ ad libitum



ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้อาหารสูตรทดลอง

ปริมาณการกินได้	ระดับป้อนทั้งหมดต่อตัวต่อวัน ^a			Contrast ^b			
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง	----- (kgDM/d) -----						
- อาหารหยาบ	6.87	6.76	6.95	0.35	0.5454	0.5882	0.3418
- อาหารข้น	8.23	8.25	8.26	0.01	0.8476	0.5768	0.9142
- รวม	15.10	15.01	15.21	0.35	0.5491	0.5939	0.3432
g / kg W ^{0.75}	166	163	172	4.71	0.3577	0.1802	0.6307
ปริมาณการกินได้โปรตีน	----- (g/d) -----						
- อาหารหยาบ	514	501	526	26.82	0.5240	0.5920	0.3202
- อาหารข้น	1620	1846	1693	0.01	0.8476	0.8571	0.5896
- รวม	2134	2347	2219	18.20	0.0924	0.7374	0.0327
g / kg W ^{0.75}	23.40	25.57	25.09	0.74	0.5910	0.3197	0.8436
ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ	----- (Mcal/d) -----						
- อาหารหยาบ	8.11	7.89	8.20	0.42	0.8476	0.8377	0.5957
- อาหารข้น	13.92	14.27	13.72	0.85	0.5457	0.5904	0.3413
- รวม	22.03	22.25	21.92	0.42	0.5916	0.5637	0.4017
g / kg W ^{0.75}	0.24	0.24	0.25	0.01	0.3542	0.1615	0.7856

หมายเหตุ : ^aเปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัทธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

4.4.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

จากการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดต่อปริมาณน้ำนม พบว่าเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร ปริมาณน้ำนม มีค่าเท่ากับ 14.77, 15.47 และ 14.16 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อปรับปริมาณน้ำนมตามเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่ 4% (4 %FCM) ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน มีค่าเป็น 14.82, 16.47 และ 15.67 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาไขมันในน้ำนมเป็นหน่วยกรัมต่อวัน มีค่าเท่ากับ 594, 686 และ 667 กรัม/วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณโปรตีนในน้ำนม (476, 513 และ 472 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (1859, 2069 และ 1930 กรัม/วัน ตามลำดับ) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนของ ปริมาณแลคโตสในน้ำนม (697, 763 และ 692 กรัม/วัน ตามลำดับ) ปริมาณของแข็งพร้อมไขมันในน้ำนม (1275, 1383 และ 1263 กรัม/วัน ตามลำดับ) พบว่าทั้งปริมาณแลคโตส และของแข็งพร้อมไขมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast) แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนมในสูตรอาหารทดลองที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.6 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม มีค่าเท่ากับ 4.04, 4.51 และ 4.87% ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม (3.22, 3.33 และ 3.36% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร้อมไขมัน (8.63, 8.91 และ 8.90% ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในน้ำนม (12.59, 13.42 และ 13.77% ตามลำดับ) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P> 0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ส่วนเปอร์เซ็นต์แลคโตสมีค่าเท่ากับ 4.71, 4.89 และ 4.84% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

จากการทดลองการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด พบว่าเมื่อระดับการทดแทนเพิ่มจาก 0, 10 และ 2% มีผลทำให้ปริมาณน้ำนม ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (4% FCM) ปริมาณไขมันในน้ำนม และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Elliott et al. (1995); Pantoja et al. (1994); Mansfield and Stern (1994) และ Ipharraguerre et al. (2002a) ที่รายงานว่า การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงาน ปริมาณน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการกินได้ของวัตถุดิบ และการกินได้พลังงาน ไม่มีความแตกต่างกัน

Gaynor et al. (1995) พบว่าโคที่ได้รับพลังงานสูง จะมีปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้น จะเกิดการย่อยสลายพลังงานในกระเพาะหมักมากขึ้น ทำให้สามารถผลิตกรดไขมันได้มากขึ้น และส่งผลให้การผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณโปรตีนนม ปริมาณแลคโตส และปริมาณของแข็งพร้อมไขมันในน้ำนม มีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคนมที่อยู่ในช่วงต้นของการให้น้ำมนั้น โคจะให้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณที่มากดังนั้น โคนมจึงมีความต้องการพลังงานในการสร้างน้ำนมในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ข่อยง่ายต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบด แต่มีส่วนของคาร์โบไฮเดรตส่วนที่เป็นโครงสร้างอยู่สูง เช่นเดียวกับค่าพลังงานการย่อยได้ร่วมที่พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของค่าพลังงานย่อยได้ร่วมต่ำกว่าข้าวโพด ดังนั้นเมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นอาจจะส่งผลทำให้โคนมได้รับพลังงานไม่พอเพียงพอต่อการให้ผลผลิตน้ำนม

โดยทั่วไปแล้วการลดสัดส่วนของอาหารหยาบลง หรือการเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นขึ้น โคจะให้ผลผลิตนม ไขมัน และโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออาหารข้นเพิ่มขึ้นเกินกว่า 60% การผลิตไขมันในน้ำนมจะลดลง (Aldrich et al., 1993; Grant, 2000; Kennelly, 2000) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอาหารหลักที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม คือ กรดอะซิติก (acetic acid, C_2) ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFAs) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารหยาบโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน NRC (1988) แนะนำว่าเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อปริมาณไขมันในน้ำนม ควรให้อาหารหยาบอย่างน้อย 40% ในสูตรอาหารทั้งหมด หรือควรมีเยื่อใย หรือ ADF ไม่น้อยกว่า 17 และ 21% ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ขบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดำเนินไปได้ตามปกติ และรักษาสภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ให้ต่ำเกินไป นอกจากนี้เยื่อใยในอาหารควรมีคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมต่อประสิทธิภาพในขบวนการหมักย่อย (effective fiber) ของจุลินทรีย์โดยควรมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยาว (long form fiber) ซึ่งจะช่วยขบวนการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะให้เหมาะสม (กังวาน, 2546)

4.4.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมที่ได้รับอาหารข้นทดแทนที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำหนักตัวของโคนมก่อนการทดลอง มีค่าเท่ากับ 417, 417 และ 410 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ 415, 419 และ 398 กิโลกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากับ -63, 50 และ 83 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

จากการทดลองการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด พบว่าเมื่อระดับการทดแทนเพิ่มจาก 0, 10 และ 20% มีผลทำให้น้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จะเห็นได้ว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 มีการสูญเสียน้ำหนักตัว (-62.50 กรัม/วัน) ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดจากโภชนาที่โคได้รับนั้นไม่เพียงพอแก่ความต้องการทำให้ตัวโคต้องใช้พลังงานจากการสลายไขมันที่สะสมในตัวออกมาใช้เป็นผลทำให้น้ำหนักโคลดลง ทั้งนี้ กังวาน (2546) กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้วโคจะสูญเสียน้ำหนักตัวมากในช่วงหลังคลอดใหม่ (0-3 เดือน) หรืออยู่ในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นระยะที่โคผลิตนมได้สูงสุด ประกอบกับการกินอาหารได้น้อยจึงมักจะขาดพลังงานหรือที่เรียกว่าสภาวะการขาดความสมดุลของพลังงาน (negative energy balance) ดังนั้นโคจะดึงพลังงานสำรองที่สะสมในร่างกาย (adipose tissue) มาใช้ส่งผลทำให้น้ำหนักตัวลดลง อย่างไรก็ตาม การวัดลักษณะการเจริญเติบโตในโครีดนมโดยการชั่งน้ำหนักโคที่ไม่ได้อุดอาหาร อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากความผันแปรของน้ำหนักอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีสูงถึง 10-20% ของน้ำหนักตัว (กังวาน, 2546)

4.4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหารและในน้ำนม

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารหยาดและในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่ากรดไขมันบางตัวในสูตรอาหารในแต่ละสูตรจะแตกต่างกัน เพราะในแต่ละสูตรมีการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและข้าวโพดในระดับที่แตกต่างกัน

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนมของอาหารทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เช่นเดียวกับปริมาณ CLA เมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ C14:1 และ C16:1 ในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณ C18:0 และ C20:2n6 ในน้ำนมมีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

ปริมาณขององค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 4.13 C14:1 และ C16:1 ในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณ C18:0 และ C20:2n6 ในน้ำนมมีแนวโน้มลดลง จากรายงาน วิโรจน์ (2546) การสังเคราะห์ไขมันนมในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องจะผลิตกรดไขมัน โดยใช้กลูโคสเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซิส (glycolysis) ได้เป็นสารตัวกลางอะซิติลโคเอ (acetyl CoA) และออกซิโอะอะซิเตท (Oxaloacetate) แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะไม่สามารถใช้อะซิติลโคเอ ที่มาจากกลูโคสในไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ได้ ดังนั้นสารตั้งต้นจึงมาจาก 2 แหล่งคือ จากอาหารที่โคกินเข้าไป แล้วย่อยสลายสารอาหารดังกล่าวให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยได้ ที่สำคัญสองตัว คือ อะซิเตท และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวทีเรท โดยเบต้า-ไฮดรอกซีบิวทีเรทจะนำมาสังเคราะห์กรดไขมันสายสั้น (C4 – C14) แหล่งที่สองเป็นไขมันโดยตรงที่มาจากอาหารหรือมาจากจุลินทรีย์สร้างขึ้น ซึ่งจะได้รับการดูดซึมที่ลำไส้ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำมันและองค์ประกอบของน้ำมัน

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวเหลือง			Contrast ^a			
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
ปริมาณน้ำมัน	----- (กิโลกรัม/วัน) -----						
- ปริมาณน้ำมัน	14.77	15.47	14.16	0.95	0.1710	0.0635	0.9317
- ปริมาณน้ำมันปรับไขมัน 4 %	14.82	16.47	15.67	0.82	0.2898	0.1339	0.6612
องค์ประกอบของน้ำมัน	----- (กรัม/วัน) -----						
- ปริมาณไขมันนม	594	686	667	34.65	0.4719	0.3000	0.5205
- โปรตีนนม	476	513	472	27.56	0.1428	0.0513	0.9574
- ปริมาณแลคโตส	697	763	692	52.34	0.1015	0.0346	0.9360
- ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน	1275	1383	1263	85.96	0.1145	0.0397	0.9444
- ปริมาณของแข็งรวมในนม	1859	2069	1930	114.07	0.1692	0.0640	0.8242

หมายเหตุ: ^a เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัทธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์ประกอบของน้ำนม

เปอร์เซ็นต์	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง				Contrast ^a		
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	------(%)-----						
- ไขมันนม	4.04	4.51	4.87	0.25	0.3360	0.1746	0.5750
- โปรตีนนม	3.22	3.33	3.36	0.06	0.8827	0.6217	0.9931
- แลคโตส	4.71	4.89	4.84	0.09	0.1087	0.0375	0.9648
- ของแข็งพร้อมไขมัน	8.63	8.91	8.90	0.34	0.2887	0.1194	0.9737
- ของแข็งรวมในนม	12.59	13.42	13.77	0.11	0.7665	0.5366	0.7082

หมายเหตุ: ^a เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัทธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.8 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง			Contrast ^a			
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
- ก่อนการทดลอง	417	417	410	18.59	0.4082	0.2068	0.6808
- หลังการทดลอง	415	419	398	18.08	0.6530	0.3709	0.8562
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	-63	50	83	177.09	0.2695	0.1625	0.4128

หมายเหตุ: ^a เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัทธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.9 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร

Fatty acid profile	ข้าวโพดหมัก	หญ้าหมัก	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง		
			0%	10%	20%
-----(% of total fatty acid)-----					
C8:0	-	-	1.39	1.30	1.39
C10:0	-	-	1.52	1.53	1.57
C12:0	1.35	2.25	26.24	27.17	26.07
C14:0	1.38	1.33	9.67	10.02	9.45
C15:0	1.95	2.55	-	-	-
C16:0	26.45	24.13	18.53	20.33	18.46
C18:0	5.41	3.81	3.83	4.23	3.98
C18:1n9c	7.64	3.67	22.57	23.65	20.88
C18:2n6c	21.04	20.32	14.96	17.03	15.84
C20:0	1.78	2.14	0.33	0.00	0.00
C18:3n3	24.50	35.03	0.97	1.80	2.37
C22:0	2.30	1.60	-	-	-
C24:0	6.20	3.81	-	-	-

ตารางที่ 4.10 ผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน

Fatty acid profile	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง			SEM	P value	Contrast ^a	
	0%	10%	20%			L	Q
	----- (mg/g milk fat) -----						
C4:0	8.04	8.89	9.69	0.11	0.7513	0.6318	0.5664
C6:0	6.69	8.09	7.87	0.74	0.6912	0.4995	0.6056
C8:0	4.23	5.21	5.01	0.46	0.7054	0.4856	0.6585
C10:0	10.07	12.56	11.48	1.10	0.7945	0.5832	0.7014
C11:0	1.31	1.47	1.52	0.15	0.2213	0.0936	0.7169
C12:0	29.39	33.74	31.94	2.30	0.8824	0.9683	0.6238
C13:0	0.85	1.16	1.12	0.13	0.2193	0.0884	0.8378
C14:0	72.71	80.13	78.39	0.78	0.6132	0.9622	0.3312
C14:1	7.50	7.80	9.25	0.93	0.6609	0.0335	0.2710
C15:0	5.11	5.93	5.85	0.33	0.8222	0.8641	0.5541
C16:0	204.64	207.02	226.73	11.16	0.2497	0.5834	0.1190
C16:1	10.54	10.60	16.76	2.09	0.0672	0.0224	0.8877
C18:0	44.17	47.45	46.83	4.25	0.1114	0.0456	0.5644
C18:1n9t	6.99	4.83	8.32	1.39	0.8471	0.9343	0.5750
C18:1n9c	103.92	116.63	126.06	9.37	0.2787	0.9621	0.1160
C18:2n6t	0.30	0.53	0.54	0.08	0.5817	0.4632	0.4671
C18:2n6c	5.90	7.11	7.36	0.64	0.2749	0.3382	0.1951
C18:3n3	0.74	1.06	1.16	0.13	0.3801	0.4536	0.2437
C20:0	0.76	0.75	0.71	0.07	0.1514	0.0559	0.9925
CLAa	2.89	2.50	2.63	0.35	0.1285	0.3056	0.0774
C20:2n6	0.20	0.49	0.45	0.05	0.0849	0.0360	0.4750
C22:4n6	0.75	1.08	0.97	0.10	0.3289	0.4580	0.1977
C24:0	0.72	1.09	0.55	0.22	0.4666	0.3128	0.4845

หมายเหตุ: ^aเปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean; CLAa = cis-9, trans-11 octadecadienoic acid

4.4.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารชั้นสูตรทดลอง

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับจากอาหารชั้นสูตรทดลองทั้ง 3 สูตร ร่วมกับอาหารหยาบ แสดงไว้ในตารางที่ 4.14 โดยที่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีนโดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} มีค่าเท่ากับ 1325, 1541 และ 1410 กรัม/วัน ตามลำดับ และ RUP_{sup} มีค่าเท่ากับ 828, 829 และ 823 กรัม/วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 4.14 พบว่าความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1498 กรัม/วัน โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1500 กรัม/วัน และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1480 กรัม/วัน ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 และกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเท่ากับ -172 และ -70 กรัม/วัน ตามลำดับ ในส่วนของความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) พบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{req} เท่ากับ 759, 854 และ 772 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับ RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเท่ากับ -25 กรัม/วัน ตามลำดับจากผลการศึกษา แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

นอกจากนี้โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน เท่ากับ 1273, 1275 และ 1258 กรัม/วัน ตามลำดับ และความต้องการโปรตีนทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 1287, 1338 และ 1285 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าโปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีนและความต้องการโปรตีนทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของโคนมที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดทั้ง 3 ระดับ ตามสมการ NRC (2001) ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.16 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 22.02, 22.25 และ 21.92 Mcal/วัน ตามลำดับ ในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) ของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 7.36, 7.38 และ 7.20 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 10.96, 12.13 และ 11.51 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 0.99, 0.68 และ 1.43 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 19.30, 20.18 และ 20.13 Mcal/วัน ตามลำดับ และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.82, 0.86 และ 0.88 ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ผลของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับจากอาหารชั้นสูตรทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่า RDP_{sup} และ RUP_{sup} ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ทั้งนี้ผลเนื่องมาจากการกินได้ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ได้รับ RDP_{sup} และ RUP_{sup} ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

ความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{reg}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{reg}) ที่คำนวณตามสมการ NRC (2001) แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 พบว่าโคนม กลุ่มการทดลองที่ 1 และ 3 ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหาคือได้โดยการเสริมแหล่งโปรตีนในอาหาร เช่น ยูเรีย เพื่อเป็นแหล่งของแอมโมเนียในโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เพราะทั้งนี้โปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) มีผลต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งพบว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้น้อยในกระเพาะหมัก Claypool et al. (1980) พบว่าสาเหตุที่โปรตีนไปมีผลต่อปริมาณการกินได้เป็นเพราะว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักก็เพิ่มสูงขึ้นทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้การใช้ยูเรียต้องใช้ในระดับที่พอเพียงสำหรับจุลินทรีย์เท่านั้น ไม่ควรใช้ในระดับที่เกินความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เนื่องจากโคจะได้รับอันตรายจากความเป็นพิษของแอมโมเนีย (วิโรจน์, 2546) และระดับที่ปลอดภัยคือควรใช้ยูเรียไม่เกิน 3% ของอาหารชั้นหรือ 1% ของอาหารทั้งหมดในโครีดนม (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้ยังพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหาคือได้โดยการใช้ by pass protein เพื่อให้สัตว์ได้รับโปรตีนตามที่ต้องการ ทั้งนี้ส่วนของโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักจะมีผลต่อสมดุลกรดอะมิโนในสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมกลไกการควบคุมการกินได้ (Egan and Moir, 1965) ถ้ากรดอะมิโนไม่สมดุลจะไปมีผลต่อวิถีเมตาโบไลต์ในสัตว์ลดการใช้ประโยชน์ของสารตั้งต้น เนื่องจากการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นจะมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ในวิถีเมตาโบไลต์ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารในวัฏจักร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเคโมรีเซพเตอร์ ไปมีผลต่อสมองที่ควบคุมการกินได้ของสัตว์ (Forbes, 1986)

ตารางที่ 4.11 แสดงการได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP) โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP)

	ระดับปลือกหุ้มเมล็ดข้าวเหลือง			SEM	P value	Contrast ^a			
	0%	10%	20%			L	L	Q	
	----- (กรัม/ตัว/วัน) -----								
โปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP _{sup})	1325	1541	1410	36.47	0.9916	0.9869	0.8981		
โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP _{sup})	828	829	823	13.44	0.5639	0.5527	0.3773		

หมายเหตุ: ^aเปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคมนมต้องการ

	ระดับป้อนนมเม็ดตัวเหลือง				Contrast ^a			
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q	
	----- (กรัม/ตัว/วัน) -----							
ความต้องการ RDP _{reg}	1498	1500	1480	28.78	0.5660	0.5421	0.3854	
RDP _{sup} จากอาหาร	1325	1541	1410	36.47	0.9916	0.9869	0.8981	
ขาด/เกิน	-172	42	-70	35.46	0.633	0.6297	0.4033	
โปรตีนที่ได้รับจากลูทีนทรย์โปรตีน(MCP)	1273	1275	1258	24.46	0.5660	0.5422	0.3854	
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด (MP _R)	1287	1338	1285	50.39	0.2297	0.0939	0.7801	
ความต้องการ RUP _{reg}	759	854	773	74.58	0.1673	0.0617	0.9747	
RUP _{sup} จากอาหาร	828	829	823	13.44	0.5639	0.5527	0.3773	
ขาด/เกิน	70	-25	50	68.85	0.1515	0.0560	0.8350	

หมายเหตุ: ^a เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัทธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.13 แสดงพลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร

	ระดับเปลี่ยนหุ้มนมเสีด้ถ้วเหดีง				Contrast/ ^a		
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	------(Mcal/วัน)-----						
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE _L intake)	22.02	22.25	21.92	0.42	0.5916	0.5637	0.4017
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE _{LM})	7.36	7.38	7.20	0.24	0.5077	0.2655	0.7652
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE _{LL})	10.96	12.13	11.51	0.33	0.2562	0.1117	0.7009
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE _{LG})	0.99	0.68	1.43	0.57	0.8127	0.5590	0.7996
พลังงานสุทธิสะสม (NE _{LR})	19.30	20.18	20.13	0.80	0.7089	0.5093	0.6232
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency)	0.82	0.86	0.88	0.04	0.8006	0.5175	0.9004

หมายเหตุ: ^aเปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพัธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

4.4.7 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารชั้นทั้ง 3 กลุ่ม การทดลองและอาหารหยาบ พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นอาหารชั้นทั้ง 3 กลุ่ม การทดลอง และอาหารหยาบมีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดย d_gDM ของอาหารชั้นทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.0, 61.6 และ 60.6% ตามลำดับ และอาหารหยาบ คือ ข้าวโพดหมัก และ หญ้าหมัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.4 และ 38.5% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอ โดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 4.17 ค่าการละลาย (A) ของวัตถุของสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 37.7, 34.8 และ 33.8 ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 44.4, 54.8 และ 51.7 ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 82.1, 89.6 และ 85.5 ตามลำดับ และอัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.031, 0.027 และ 0.033 ตามลำดับ

4.4.8 การสลายตัวของโปรตีนรวม

ปริมาณโปรตีนรวมที่สลายตัวไปของอาหารทดลองที่ผสมด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 3 ระดับ ณ ชั่วโมงต่างๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง แสดงในตารางที่ 4.18 พบว่าอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนรวม (d_gCP) มีค่าเท่ากับ 65.3, 68.9 และ 67.2% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าโปรตีนรวมที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 4.17 ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนรวมของสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 36.2, 44.8 และ 50.0 ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีนรวมของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 40.0, 34.0 และ 29.0 ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนรวม มีค่าเท่ากับ 76.2, 78.8 และ 79.2 ตามลำดับ และอัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.060, 0.069 และ 0.057 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงการย่อยสลาย¹⁾ได้วัตถุแห้งและอัตราการย่อยสลาย¹⁾ได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง										dg ¹⁾
	0	2	4	6	12	24	48	72	96	ชั่วโมง	
	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	
------(%)-----											
Degradability of DM											
ข้าวโพดหมัก	19.9	-	-	27.5	36.5	42.1	51.2	66.4	71.6	38.4	
หญ้าหมัก	15.4	-	-	27.9	37.8	42.6	56.3	60.3	67.5	38.5	
0 % SH	37.7	48.5	50.1	52.0	58.2	64.7	74.2	-	-	60.0	
10 % SH	34.8	47.2	50.2	52.7	59.9	64.8	78.0	-	-	61.1	
20 % SH	33.8	47.0	49.8	50.5	58.5	66.4	77.0	-	-	60.6	

หมายเหตุ: ¹⁾ Effective degradability of DM

ตารางที่ 4.15 แสดงการย่อยสลายได้โปรตีนและอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของอาหารหมักและอาหารผสม 3 สูตร

วัตถุประสงค์	วัตถุแห้ง										dg ¹
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง		
Degradability of CP	-----(%)-----										
ข้าวโพดหมัก	35.2	-	-	44.5	49.9	57.4	62.8	73.5	74.3	52.2	
หญ้าหมัก	26.0	-	-	48.9	49.2	51.9	56.3	60.5	62.9	51.1	
0%SH	36.2	51.1	60.7	61.9	63.1	69.0	75.6	-	-	65.3	
10%SH	44.8	54.8	62.9	66.4	68.5	70.8	79.6	-	-	68.9	
20%SH	50.0	53.3	60.2	64.2	65.1	71.2	78.3	-	-	67.2	

หมายเหตุ ¹ Effective degradability of CP

ตารางที่ 4.16 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหมักและอาหารผสม 3 สูตร

Disappearance (%)	วัตถุดิบ				
	ข้าวโพดหมัก	หญ้าหมัก	0%SH	10%SH	20%SH
DM Disappearance (%)					
A	19.9	15.4	37.7	34.8	33.8
B	70.4	56.4	44.4	54.8	51.7
c	0.013	0.023	0.031	0.027	0.033
A + B	90.4	71.9	82.1	89.6	85.5
Effective Disappearance (%)*	38.4	38.5	60.0	61.0	60.6
CP Disappearance (%)					
A	35.2	26.0	36.2	44.8	50.0
B	45.6	56.2	40.0	34.0	29.2
c	0.020	0.006	0.060	0.069	0.057
A + B	80.8	82.3	76.2	78.8	79.2
Effective Disappearance (%)*	52.2	51.1	65.3	68.9	67.2

หมายเหตุ: * Outflow rate (fraction/h) = 0.05

4.4.9 ผลตอบแทนทางการเงิน

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน พบว่า โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10% ให้ผลตอบแทนทางการเงินมากที่สุด กล่าวคือ มีรายได้มากกว่ารายจ่าย สูงกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ $156.35 - 141.50 = 14.85$ บาท/ตัว/วัน ส่วนโครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20% ให้ผลตอบแทนทางการเงินน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระดับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารชั้นสำหรับโคนมเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.17 ผลตอบแทนทางการเงินเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ

รายการ (บาท/ตัว/วัน)	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง		
	0%	10%	20%
- รายได้จากน้ำนมดิบ	251.09	262.99	240.72
- ต้นทุนอาหารชั้น	71.42	69.08	66.74
- ต้นทุนอาหารหยาบ	38.17	37.56	38.61
- รวมต้นทุนค่าอาหาร	109.59	106.64	105.36
- รายได้มากกว่ารายจ่าย	141.50	156.35	135.36

ราคาน้ำนมดิบที่เกษตรกรขายได้ 17.00 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอาหารชั้นต่อกิโลกรัม 0% SH = 7.94 บาท; 10% SH = 7.68 บาท; 20% SH = 7.42 บาท

ต้นทุนอาหารหยาบต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด 1.50 บาท

