ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

Effects of Palm Kernel Cake Substitution for Ground Corn in Concentrate on Nutrient Utilization and Rumen Ecology in Indigenous Cattle

อนันตเดช แย้มหอม

Anantadach Yamhom

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University
2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

ผู้เขียน นายอนันตเดช แย้มหอม

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จารุรัตน์ ชินาจริยวงศ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

ผู้เขียน นายอนันตเดช แย้มหอม

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2554

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ ที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างที่กระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) จำนวน 5 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 317±21 กิโลกรัม ให้ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (คิดเป็นวัตถุแห้ง) โดยใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาติน-สแควร์ (5×5 Latin squares design) พบว่า ปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเพิ่มขึ้นในรูปแบบเป็นเส้นตรง ขณะที่ปริมาณอาหารข้น และปริมาณอาหารทั้งหมดที่โคกินได้ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยการใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้โคกินอาหารข้นได้ต่ำกว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ รวมทั้งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่โคได้รับ มีแนวโน้มลดลง เมื่อใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ยังมีผลทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้งหมดในกระเพาะรูมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณของกรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนแบคทีเรียและซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น

และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด รวมทั้งสมดุลไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเสริมให้แก่โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง

Thesis Title Effects of Palm Kernel Cake Substitution for Ground Corn in Concentrate on Nutrient Utilization and Rumen Ecology in Indigenous Cattle

Author Mr. Anantadach Yamhom

Major Program Animal Science

Academic Year 2011

ABSTRACT

This experiment aimed to study the effects of palm kernel cake (PKC) substitution for ground corn (GC) in concentrate on the utilization of nutrients and on the rumen ecology in indigenous cattle. Five rumen-fistulated native bulls, with an average body weight (BW) of 317±21 kg were randomly assigned according to a 5×5 Latin Squares Design to receive five diets containing different levels of PKC (0, 25, 50, 75 and 100%) substitution for GC at 2% of BW as dry matter basis. Plicatulum hay was offered *ad libitum*. Based on this experiment, the amount of plicatulum hay intake was linearly increased while the amount of concentrate intake and the total dry matter intake were linearly decreased as a result of an increase in level of PKC substitution for GC in the diet. The cattle fed with concentrate containing 75 and 100% PKC substitution for GC had lower concentrate intake than cattle fed with concentrate containing 0, 25 and 50% PKC substitution for GC ($P<0.05$). Digestibility coefficients of dry matter, organic matter and metabolizable energy of cattle fed with concentrate containing 0, 25 and 50% PKC substitution for GC were not significantly different ($P> 0.05$) but the digestibility coefficients of dry matter and organic matter, digestible organic matter and crude protein intake, and metabolizable energy of cattle fed with concentrate containing 75 and 100% PKC substitution for GC were slightly decreased. Ammonia – nitrogen concentration, total volatile fatty acid and total protozoa population in the rumen, and blood urea - nitrogen concentration of cattle fed with concentrate containing 75 and 100% PKC substitution for GC were slightly lower than those of 0, 25 and 50% PKC substitution for GC group. However, there were no significant differences ($P>0.05$) among treatments regarding ruminal fluid pH, the amount of acetic (C_2), propionic (C_3) and butyric (C_4) acid in rumen fluid, bacterial population and fungal zoospores in rumen fluid, pack cell volume and blood glucose ($P>0.05$). Furthermore, nitrogen balance, the

amount of ruminal microbial nitrogen supply in the rumen were not significantly different when compared with other treatments. Therefore, the level of PKC substitution for GC in the concentrate for indigenous cattle fed with plicatulum hay should not be more than 50%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร ปิ่น จันจุฬา กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในระหว่างการดำเนินการทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร. จารุรัตน์ ชินาจริยวงศ์ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสุจิตร์ ชลดำรงค์กุลและบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งให้กำลังใจในระหว่างการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดาของข้าพเจ้า ที่คอยเอาใจใส่ ดูแล เป็นกำลังใจเสมอมา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระหว่างการศึกษา ความดีแห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทั้งหลายที่ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

อนันตเดช แย้มหอม

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... (8)
รายการตาราง..... (9)
รายการภาพประกอบ..... (11)
รายการภาพประกอบภาคผนวก..... (12)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ..... (13)
บทที่
1 บทนำ..... 1
บทนำต้นเรื่อง..... 1
การตรวจเอกสาร..... 3
วัตถุประสงค์..... 24
2 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง..... 25
3 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 36
4 สรุปและข้อเสนอแนะ……..... 60
สรุป..... 60
ข้อเสนอแนะ..... 61
เอกสารอ้างอิง..... 62
ภาคผนวก……..……..... 71
ภาพประกอบการทดลอง…….…… 72
ประวัติผู้เขียน……... 74

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	8
2	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	27
3	แผนผังการทดลอง	29
4	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดบด และอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	38
5	ปริมาณอาหารที่กินได้ (วัตถุแห้ง) ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	40
6	ปริมาณโภชนะที่การกินได้ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	42
7	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	44
8	ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	45
9	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	47
10	อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	49

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	55
12	ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	57
13	การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ	59

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นปาล์มน้ำมัน	3
2	ทลายปาล์มน้ำมัน	3
3	ผลปาล์มน้ำมัน	3
4	ส่วนต่างๆ ของผลปาล์มน้ำมัน	4
5	ปริมาณของผลผลิตและผลพลอยได้จากการสกัดปาล์มน้ำมัน	5
6	ระยะทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง	29

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	อาหารทดลอง	72
2	สัตว์ทดลอง	72
3	รางอาหาร และอุปกรณ์ให้น้ำ	72
4	คอกขังเดี่ยว	72
5	การชั่งน้ำหนักโคทดลอง	72
6	การเก็บปัสสาวะโคทดลอง	72
7	อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บมูล	73
8	การเก็บตัวอย่างเลือด	73
9	การวัดอุณหภูมิในกระเพาะรูเมน	73
10	การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	73
11	การวัดความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมน	73
12	ภาชนะเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	73

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADL	=	acid detergent lignin (ลิกนิน)
BUN	=	blood urea nitrogen (ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด)
BW	=	body weight (น้ำหนักตัว)
$BW^{0.75}$	=	metabolic body weight (น้ำหนักเมแทบอลิก)
CF	=	crude fiber (เยื่อใยรวม)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
CV	=	coefficient of variation (สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน)
DCF	=	digestible crude fiber (เยื่อใยรวมที่ย่อยได้)
DCP	=	digestible crude protein (โปรตีนรวมที่ย่อยได้)
DEE	=	digestible ether extract (ไขมันรวมที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DNFE	=	digestible nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้)
DOM	=	digestible organic matter (ปริมาณอินทรีวัตถุที่ย่อยได้)
DOMR	=	digestible organic matter in the rumen (ปริมาณอินทรีวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)
GC	=	ground corn (ข้าวโพดบด)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NFE	=	nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NSC	=	non structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)
PCV	=	pack cell volume (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น)
PKC	=	palm kernel cake (กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน)
SEM	=	standard error of the mean (ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)
TDN	=	total digestible nutrient (โภชนะที่ย่อยได้รวม)
VFA	=	volatile fatty acid (กรดไขมันที่ระเหยง่าย)

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยทั่วไป เช่น โคเนื้อ โคนม แพะ และแกะให้ประสบความสำเร็จ สัตว์จำเป็นต้องได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นตรงกับความต้องการ และศักยภาพการผลิตของสัตว์ การนำวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมและผลพลอยได้เยื่อใยทางการเกษตรมาใช้เป็นอาหารสัตว์ เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนของค่าอาหารที่จะนำมาเลี้ยงสัตว์ (จินดา และคณะ, 2543ข) อย่างไรก็ตาม การนำเอาวัสดุเศษเหลือดังกล่าวมาใช้เป็นอาหารสัตว์ต้องมีคุณค่าทางโภชนะที่สามารถทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้อยู่เดิมได้

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย และปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศ ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายตัวอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนจากการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่การเพาะปลูกปาล์ม-น้ำมันในประเทศประมาณ 1,844,266 ไร่ ในปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศถึง 3,888,646 ไร่ และต่อมาในปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศเพิ่มเป็น 4,076,883 ไร่ โดย 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดอยู่ในเขตภาคใต้ จังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมาก คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์ม-น้ำมันและให้ผลผลิต 1,005,010 ไร่ รองลงมา คือ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 973,690 ไร่ และจังหวัดอื่น ๆ เช่น ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และนครศรีธรรมราช ตามลำดับ โดยในแต่ละปีจะได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่า 8,223,135 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังนั้นปัจจุบันผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการอัดหรือสกัดผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมันปาล์มจึงมีปริมาณมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอัดหรือสกัดผลปาล์มน้ำมัน เช่น กากปาล์มน้ำมัน (oil palm meal) และกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal หรือ palm kernel cake) เป็นต้น มีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีนและพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (พันทิพา, 2538)

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการแยกน้ำมันปาล์มออกจากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมัน จัดเป็นผลพลอยได้ที่มีโปรตีนรวมปานกลางและเยื่อใยรวมสูง จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (พานิช, 2535) ในกระบวนการแยกน้ำมันออกจากเนื้อในเมล็ดปาล์มจะได้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ (Devendra, 1977 อ้างโดย สุมิตรา, 2543) นอกจากนั้นองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะแตกต่างกันไปตามชนิดของปาล์มน้ำมันและวิธีในการแยกน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งมี 2 วิธี คือ การแยกน้ำมันด้วยเกลียวอัด (screw press) และการสกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี (solvent extraction) แต่กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด (นิวัติ, 2531) โดยมีโปรตีนรวมประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 60-66 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 40-44 เปอร์เซ็นต์ (ทวีศักดิ์, 2529; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547) และจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง พบว่า โค แพะ และแกะ สามารถย่อยวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และผนังเซลล์ในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 60-70, 67-72, 53-71 และ 52-66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุมิตรา, 2543; Miyashige *et al*., 1987; Suparjo and Rahman, 1987) ดังนั้นกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันจึงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบหลักในอาหารข้น หรืออาจใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นในอาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทดแทนแหล่งพลังงานหรือแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูง และไม่สามารถผลิตได้เองในพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นทดแทนข้าวโพดที่มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเสริมให้กับโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ ซึ่งเป็นการใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การตรวจเอกสาร

ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

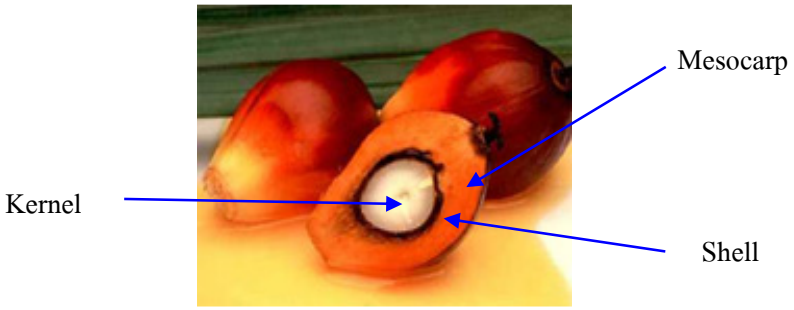
ปาล์มน้ำมันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* Jacq. อยู่ในตระกูล Palmae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ยืนต้นเดี่ยวไม่แตกกิ่งแขนง มีใบ เป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ก้านใบใหญ่ และยาวเป็นกาบหุ้มลำต้นมีลักษณะคล้ายใบมะพร้าว (ภาพที่ 1) ออกดอกเป็นช่อ ช่อตัวผู้กับตัวเมียแยกกันตามลำดับบนซอกของทางใบ เป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ ผลเป็นรูปไข่ขนาดเล็ก ยาว 2-5 เซนติเมตร เมื่อผลสุกจะมีสีแดงอมม่วง (ภาพที่ 2 และ 3) ในแต่ละช่อจะติดผล 50-100 ผลต่อทลาย ในต้นที่อายุน้อย ส่วนต้นที่อายุมากจะติดผล 3,000 ผลต่อทลาย (สุรชัย, 2535) เจริญได้ดีในเขตร้อนชื้น สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน ควรเป็นพื้นที่ราบมีความลาดชันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำไม่ขัง อากาศถ่ายเทสะดวก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส (ธีระ และคณะ, 2548)

ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 4) มีชั้นนอกสุดที่เป็นผิวเปลือก (exocarp) มีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ใช้ในประเทศไทยมีชั้นของผิวนอกเป็นสีแดง ซึ่งเป็นการพัฒนาจากสีดำเรื่อยมา ชั้นถัดไปเป็นชั้นที่เรียกว่าชั้น mesocarp เป็นชั้นที่มีน้ำมันและเยื่อใยเป็นองค์ประกอบ น้ำมันในส่วนของชั้น mesocarp มีปริมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ของชั้น mesocarp ถัดเข้าไปเป็นชั้นของเมล็ดที่เรียกว่า seed โดยเป็นชั้นของกะลา (shell) และชั้นในสุดเป็นเนื้อปาล์มน้ำมันที่เป็น endosperm ของเมล็ดปาล์มที่เรียกว่า kernel ชั้นในสุดที่เป็น kernel นี้มีน้ำมันอยู่มากเช่นกัน ส่วนของน้ำมันในชั้นของ kernel นี้มีปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของ kernel (พรชัย, 2549)

ภาพที่ 1 ต้นปาล์มน้ำมัน
ที่มา : Anonymous (2007a)

ภาพที่ 2 ทลายปาล์มน้ำมัน
ที่มา : Anonymous (2007b)

ภาพที่ 3 ผลปาล์มน้ำมัน
ที่มา : สำนักงานพาณิชย์ (2550)



ภาพที่ 4 ส่วนต่างๆ ของผลปาล์มน้ำมัน

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร (2548)

ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม มีผลผลิตและวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้ ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย

1. น้ำมันปาล์ม (palm oil, PO) คือ ตัวน้ำมันปาล์ม เป็นผลผลิตโดยตรงซึ่งมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ได้จากเปลือกผลปาล์ม เรียกว่า palm oil มีสีเข้มและมีความหนืดตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงหนืดมาก และชนิดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เรียกว่า palm kernel oil มีสีจางกว่าชนิดแรก อาจมีสีเหลืองจนเหลืองอมน้ำตาล และมีความหนืดระดับปานกลาง

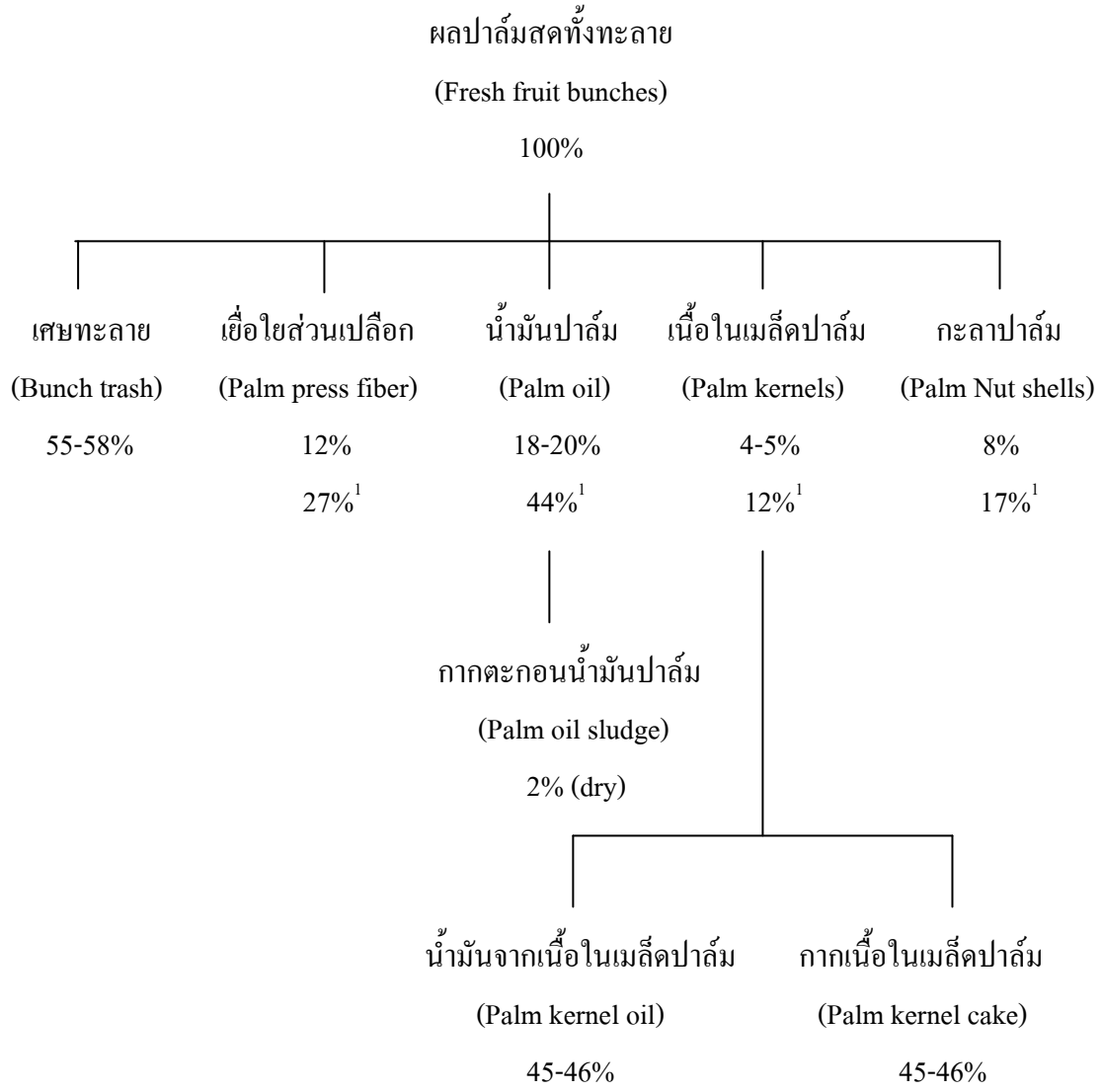
2. กากตะกอนน้ำมันปาล์ม (palm oil sludge, POS หรือ palm oil meal effluent, POME) เป็นของเหลือที่เป็นของเหลว มีประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (เมื่ออยู่ในสภาพที่แห้ง)

3. เยื่อใยส่วนเปลือก (palm press fibre, PPF) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้ว ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน มีประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์

4. เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel) มีปริมาณน้อยสุดเมื่อเทียบกับผลพลอยได้อื่น คือ มีเพียง 4-5 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งทลาย เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือก และกะลาออกแล้ว เมื่อนำมาหีบน้ำมันออก กากที่เหลือ เรียกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีลักษณะแห้งและแข็ง อาจเป็นแผ่น (palm kernel cake, PKC) หรือเป็นผงละเอียด (palm kernel meal, PKM)

5. กะลาปาล์ม (palm nut shells) มีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มทั้งทลาย มีลักษณะคล้ายกะลามะพร้าว ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน

6. เศษทะลายปาล์ม (bunch trash) มีประมาณ 55-58 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งทะลายที่แยกจากผลปาล์มหลังจากอบแล้ว ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน



ภาพที่ 5 ปริมาณของผลผลิตและผลพลอยได้จากการสกัดปาล์มน้ำมัน

[1] เปอร์เซ็นต์ในส่วนประกอบของผลปาล์มทั้งหมด

ที่มา : Devendra (1977) อ้างโดย สุมิตรา (2543)

Hutagalung (1987) อ้างโดย พันทิพา (2538) รายงานว่า ผลผลิตและวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออกจากทะลายปาล์มที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ คือ

1. น้ำมันปาล์ม ซึ่งใช้เป็นแหล่งไขมันในอาหารสัตว์

2. กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน คือ กากปาล์มกะเทาะเปลือก เป็นส่วนกากที่มีแต่เนื้อในล้วนๆ ไม่มีเปลือกกะลาหรือเปลือกทะลายติดอยู่เลยคุณภาพจึงสูง ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดีทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาออกได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้จึงมีกะลาปนอยู่ ซึ่ง

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการแยกน้ำมันมาจากเนื้อในเมล็ดปาล์มมีประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มสดทั้งทลายหรือ 2.95 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งผล ลักษณะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มจะแห้งเป็นผง (คล้าย ๆ ทราย) ไม่ค่อยกระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ สามารถใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยวเนื่องจากเยื่อใยสูง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนี้มีกรดแอมิโนที่จำเป็นต่ำกว่ากากถั่วเหลืองมาก

3. กากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นของเหลวที่มีส่วนของตะกอนภายหลังจากแยกเอาส่วนของน้ำมันปาล์มออกไปแล้ว กากนี้เมื่อทำให้แห้งจะมีความแปรปรวน เนื่องจากกากมีไขมันประกอบอยู่สูง สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงใช้ประโยชน์ได้น้อย นอกจากนี้ยังมีปัญหายุ่งยากในการใช้ เช่น กากตะกอนน้ำมันปาล์มสด (ไม่ผ่านกระบวนการ) มีอายุการเก็บสั้น ความน่ากินต่ำ มีเถ้าและแร่ธาตุที่เป็นพิษสูง ความแปรปรวนของเถ้า โปรตีน และไขมันจะค่อนข้างสูง การทำให้แห้งหากใช้ความร้อนสูงจะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารลดลง ข้อมูลที่ยังสนับสนุนการใช้ยังไม่มากพอ

4. เยื่อใยส่วนเปลือก เป็นส่วนของเยื่อใยที่เหลือจากการเอาเมล็ดออกไปแล้ว นำเอาส่วนนี้มาอัดเอาน้ำมันออก มีเยื่อใยสูง โปรตีนค่อนข้างต่ำ สัตว์เคี้ยวเอื้องจะกินได้น้อยและการย่อยได้ต่ำ

5. กากเมล็ดปาล์มน้ำมัน (oil palm seed meal) คือ กากที่ได้จากการเอาเฉพาะเมล็ดปาล์มทั้งเมล็ดมาบีบเอาน้ำมันออก กากจึงมีทั้งกะลาและเนื้อในรวมอยู่ด้วย ไม่มีส่วนเปลือกที่หุ้มเมล็ด ซึ่งจะเป็นเยื่อใย

6. กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากผลปาล์มทั้งผล (palm oil meal, POM) ประกอบด้วยส่วนเปลือกของชั้นนอกสุดซึ่งเป็นเยื่อใย ส่วนของกะลา และส่วนของเนื้อใน เยื่อใยจึงสูงมาก ไม่เหมาะใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว

คุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่ได้จากการกะเทาะเมล็ดปาล์ม เพื่อเอากะลาออกแล้วนำมาแยกน้ำมัน กากที่ได้จึงมีแต่เนื้อในเมล็ดปาล์ม ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง คือ มีโปรตีนรวมประมาณ 15-18 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมประมาณ 7-13 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยรวมประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ (ยุทธนา และสมเกียรติ, 2532; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547; สุมาลี, 2551) อย่างไรก็ตาม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนั้น จะมีคุณค่าทางโภชนะที่แตกต่างกันไปตามชนิดของปาล์มน้ำมันและวิธีในการสกัดแยกน้ำมัน ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้ในประเทศไทยเป็นชนิดที่ได้จากการหีบเมล็ดในปาล์มด้วยเกลียวอัด จึงมีกะลาที่แตกออกมาจากการสกัดน้ำมันปะปน

อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง แต่สำหรับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีนั้นจะมีโปรตีนรวมในปริมาณที่สูงกว่า ซึ่งคุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทั้ง 2 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด ประกอบด้วยโปรตีนรวม 14.11-17.49 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 8.65-23.77 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 14.42-16.22 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 42.21 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 73.37 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 42.68 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.16-0.24 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.05-0.56 เปอร์เซ็นต์ และให้พลังงานรวม 4,658.37-5,442.14 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีประกอบด้วยวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก ลิกโนเซลลูโลส แคลเซียม และฟอสฟอรัส 90.30-92.80, 15.20-18.90, 0.80-1.80, 15.70-16.00, 3.80-5.10, 63.20-63.50, 46.00, 0.20-0.29 และ 0.52-0.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และให้พลังงานรวม 3,728 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม จากสาเหตุที่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวใช้ประโยชน์จากกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันได้จำกัด แต่อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบ เมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจะถูกหมักในกระเพาะรูเมน (rumen) สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงสามารถใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้สูงกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว ซึ่งจากการศึกษาการย่อยสลายของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อและแพะโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag technique) Wong และคณะ (1987) รายงานว่า โคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วย กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เยื่อใยส่วนเปลือก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากน้ำตาล มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และเยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 59.6, 60.9 และ 45.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่โคเนื้อที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วย กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เยื่อใยส่วนเปลือก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากน้ำตาล มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และเยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 69.3, 74.4 และ 47.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

โภชนะ	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน					
	1*	2*	3*	4**	5**	6**
วัตถุแห้ง	93.57	-	94.85	90.30	92.00	92.80
โปรตีนรวม	17.49	15.34	14.11	16.00	15.20	18.90
ไขมันรวม	13.71	8.65	23.77	0.80	1.80	-
เยื่อใยรวม	-	14.42	16.22	15.70	16.00	-
เถ้า	-	3.61	3.22	4.00	3.80	5.10
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	-	-	42.68	63.50	63.20	-
ผนังเซลล์	73.37	-	-	-	-	-
ลิกโนเซลลูโลส	42.21	-	-	-	46.00	-
แคลเซียม	0.16	0.24	0.22	0.29	0.25	0.20
ฟอสฟอรัส	0.05	0.54	0.56	0.79	0.52	0.70
พลังงานรวม (กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม)	-	4,658.37	5,442.14	3,728.00	-	-

หมายเหตุ * กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่หีบด้วยเกลียวอัด

** กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมี

ที่มา : (1) สุมิตรา (2543) (2) กระจ่าง (2537)

(3) ทวีศักดิ์ (2529) (4) Yeong (1981)

(5) Ahmad (1988) อ้างโดย สุมิตรา (2543)

(6) Carvalho และคณะ (2006)

สุมาลี (2551) ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทยที่ได้รับหญ้ารูซี่แห้งโดยให้กินแบบเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 12.83 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว รายงานว่า ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง และโปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 77.67 และ 77.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 13.8, 15.5 และ 21.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าคงที่ของอัตราการสลายได้ (c) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 0.05, 0.05 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าการสลายได้สูงสุด

(potential degradability, a+b) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 78.8, 79.0 และ 75.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการสลายได้ (effective degradability, ED) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 50.4, 51.9 และ 52.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการย่อยสลายได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนของแพะ สุมิตรา (2543) รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ ที่ได้รับอาหาร ซึ่งประกอบด้วย เศษเหลือจากรวงข้าว กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และหญ้าแห้ง ผสมรวมกันในสัดส่วนเท่าๆ กัน เสริมด้วยอาหารข้นในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และผนังเซลล์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมน เท่ากับ 78.07, 78.37 และ 66.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับการย่อยได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัดและสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีในสัตว์เคี้ยวเอื้อง O' Mara และคณะ (1999) รายงานว่า จากการศึกษาการย่อยได้ในแกะ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยสารเคมี มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และผนังเซลล์ (66.5, 69.1, 72.7 และ 69.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (63.2, 65.3, 59.7 และ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่พลังงานย่อยได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด เท่ากับ 13.4 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีค่าสูงกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการใช้สารเคมีสกัด (12.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) นอกจากนี้ Carvalho และคณะ (2005) รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยสารเคมี มีค่าการย่อยสลายของไนโตรเจนในลำไส้เล็กของโคนม 0.38 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (0.52 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่โปรตีนที่ไม่ถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมนและถูกย่อยในลำไส้เล็กของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการใช้สารเคมีสกัด (0.80 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (0.76 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$)

คุณค่าทางโภชนะของข้าวโพดบดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ข้าวโพดบด เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่นิยมใช้ในอาหารสัตว์ ประกอบด้วย วัตถุแห้ง 88.3-92.2 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 94.5-98.5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.8-8.5 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 10.4-16.8 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 3.6-4.5 เปอร์เซ็นต์ (ทรงศักดิ์ และคณะ, 2548;

สุมาลี, 2551; Chanjula *et al*., 2003) จากการศึกษาการย่อยสลายของโภชนะของข้าวโพดบดในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อ โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน Chanjula และคณะ (2003) รายงานว่า ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที และค่าคงที่ของอัตราการสลายได้ของวัตถุแห้งของข้าวโพด เท่ากับ 17.4 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และส่วนที่สามารถละลายได้ทันที และค่าคงที่ของอัตราการสลายได้ของอินทรียวัตถุของข้าวโพด เท่ากับ 24.1 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนค่าการสลายสูงสุดของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของข้าวโพดบด เท่ากับ 81.7 และ 83.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ สุมาลี (2551) ที่ทำการศึกษาการย่อยสลายของโภชนะของข้าวโพดบดในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย และรายงานว่า ค่าการย่อยสลายสูงสุดของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของข้าวโพดบด เท่ากับ 80.4, 80.7 และ 83.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยส่วนที่สามารถละลายได้ทันทีของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของข้าวโพด เท่ากับ 15.5, 21.9 และ 19.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าคงที่ของอัตราการสลายได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนของข้าวโพดบด เท่ากับ 0.08, 0.06 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการสลายได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของข้าวโพดบดในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย เท่ากับ 57.5, 59.7 และ 61.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนั้น ทรงศักดิ์ และคณะ (2548) ซึ่งทำการศึกษาค่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของข้าวโพดบดในโคเนื้อลูกผสมเพศผู้ตอน รายงานว่า ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที ค่าคงที่ของอัตราการสลายได้ของโปรตีน และค่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของข้าวโพดบด เท่ากับ 29.8, 0.05 และ 47.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ได้รับแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื่องจากกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ กระเพาะรูเมน เป็นกระเพาะส่วนที่ใหญ่ที่สุด มีความจุประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ กระเพาะรังผึ้ง (reticulum) มีความจุประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ กระเพาะสามสิบกลีบ (omasum) มีความจุประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ และกระเพาะแท้ (abomasum) มีความจุประมาณ 7-8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกระเพาะส่วนนี้ ทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยมาย่อยอาหาร เช่นเดียวกับกระเพาะของสัตว์กระเพาะเดี่ยวทั่วไป ทั้งนี้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย (dietary fiber) โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน คือ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา (เมธา, 2553) โดยจำนวนประชากรและชนิดของจุลินทรีย์จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ และสภาพแวดล้อม

ภายในกระเพาะรูเมน เช่น สภาวะความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia nitrogen, NH_3-N) ในของเหลวในกระเพาะรูเมน เป็นต้น ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์ คือ ความเป็นกรด-ด่าง ในช่วง 6.0-7.0 อุณหภูมิ 39-40 องศาเซลเซียส (Van Soest, 1994) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) ดังนั้นจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์หมักย่อยอาหารที่สัตว์กินเข้าไป จนกระทั่งได้ผลผลิตสุดท้าย (end products) ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งกระบวนการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีรายละเอียดดังนี้

กระบวนการใช้ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ สำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและตัวสัตว์ คาร์โบไฮเดรต สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่เป็นโครงสร้างพืช (structural carbohydrate) ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพคติน (pectin) และคาร์โบไฮเดรตชนิดที่ไม่ใช่เป็นโครงสร้างพืช (non-structural carbohydrate) ได้แก่ แป้ง และน้ำตาล (เทอดชัย, 2540) และยังรวมถึง อะราแบน (arabans) ฟรุคแตน (fructans) กาแลคแตน (galactans) และเบต้ากลูแคน (β-glucan) (เมธา, 2553) คาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ปล่อยออกมาให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส (glucose) หรือเพนโตส (pentose) โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปอย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ ได้เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acids, VFA) โดยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในรูเมนจะแปรผันระหว่าง 70-150 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) มีประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด เป็นกรดที่มีมากที่สุด เมื่อสัตว์ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) มีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) มีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และอาจพบกรดวาเลอริก (valeric acid, C_5) ไอโซ-วาเลอริก (isovaleric acids) และไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) บ้างแต่ในปริมาณน้อย (Preston and Leng, 1987) ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยง่ายเหล่านี้จะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานหรือใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ร่วมกับไนโตรเจนที่

ได้รับจากกระบวนการย่อยและเมแทบอลิซึมของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน

กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่สัตว์สามารถนำมาใช้ได้โดยผ่านกระบวนการต่างๆ ในร่างกายสัตว์ เพื่อให้เกิดพลังงานสำหรับการดำรงชีพ การเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตสำหรับสัตว์ ระดับปกติของกลูโคสในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่ากับ 45-65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร โดยสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับกลูโคสจาก 2 แหล่งด้วยกัน คือ จากกระบวนการสังเคราะห์กลูโคส (gluconeogenesis) ที่เกิดขึ้นในร่างกาย และจากวัตถุดิบที่เป็นแหล่งของแป้งที่ผ่านเข้าไปในลำไส้เล็กและถูกดูดซึมในรูปของกลูโคสโดยตรง ในกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสนั้นกรดโพรพิโอนิกที่ถูกดูดซึมจากกระเพาะรูเมนจะเป็นสารตั้งต้นของกระบวนการนี้ การเปลี่ยนแปลงของระดับกลูโคสในเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีบทบาทต่อการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานของสัตว์ ซึ่งมีปัจจัยหลายปัจจัยที่ทำให้ระดับของกลูโคสในเลือดเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ชนิดและรูปแบบของอาหาร อายุของสัตว์ และระดับของฮอร์โมนบางชนิด ซึ่งฮอร์โมนที่มีบทบาทมากต่อการรักษาระดับกลูโคสในเลือด คือ อินซูลิน (insulin) และกลูคากอน (glucagon) โดยที่อินซูลินกระตุ้นให้เกิดการใช้ประโยชน์ของกลูโคสและอะซิเตทโดยเยื่อบุไขมัน ขณะเดียวกันจะขัดขวางการใช้ประโยชน์ของไขมันและกระตุ้นการดูดซึมของกรดแอมิโนโดยกล้ามเนื้อ ส่วนกลูคากอนกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสและกระบวนการสลายไกลโคเจน (glycogenolysis) ในตับของสัตว์เคี้ยวเอื้อง การกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสนั้นเกิดขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของเอนไซม์ไพรูเวท คาร์บอกซิเลส (pyruvate carboxylase) เพิ่มขึ้น ดังนั้นความสัมพันธ์ร่วมระหว่างอินซูลินและกลูคากอนจะพบได้จากการเปลี่ยนแปลงระดับของกลูโคส และรักษาระดับความสมดุลของกลูโคสในกระแสเลือด (เทอดชัย, 2548) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารและมีการหลั่งของฮอร์โมนทั้งสองตัวจะกระตุ้นการเกิดกระบวนการสังเคราะห์กลูโคสในตับ และเพิ่มการใช้ประโยชน์ของกลูโคส กรดแอมิโน และอะซิเตท เพื่อการเมแทบอลิซึมของเนื้อเยื่อต่อไป (เมธา, 2533) อย่างไรก็ตาม กลูโคสอาจถูกเปลี่ยนแปลงผ่านกระบวนการอื่น เช่น

1. เปลี่ยนเป็นไกลโคเจน ซึ่งเป็นแหล่งสะสมพลังงานในกล้ามเนื้อและตับ

2. ถูกเผาผลาญโดยวิถีเพนโตสฟอสเฟตให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานเช่นกัน วิถีนี้มีความสำคัญในการสร้าง nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADPH) ซึ่งจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์กรดไขมันและสร้างน้ำตาลไรโบสเพื่อสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก

3. เปลี่ยนเป็นน้ำตาลไตรโอสฟอสเฟต (triose phosphate) เพื่อสร้างกลีเซอรอล (glycerol) และไขมัน

กระบวนการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน

แหล่งของโปรตีนส่วนใหญ่ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับจากอาหาร อยู่ในรูปของไนโตรเจนที่อยู่ในพืช ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นโปรตีนแท้ (true protein) และไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen, NPN) ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ เช่น กรดแอมิโนอิสระ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) และยูเรีย และสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น (บุญล้อม, 2527; เทอดชัย, 2540) ซึ่งสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีการใช้ประโยชน์จากสารประกอบไนโตรเจนที่ได้รับแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยว เนื่องจากมีการพัฒนาของกระเพาะรูเมนที่มีจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีนแท้และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนเป็นแอมโมเนีย โปรตีนแท้จะถูกไฮโดรไลซ์ ได้เป็นเปบไทด์และกรดแอมิโน กรดแอมิโนบางชนิดจะถูกย่อยต่อไปโดยกระบวนการดีแอมิแนชั่น (deamination) ได้เป็นกรดอินทรีย์ แอมโมเนีย และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจะถูกย่อยสลายได้เป็นแอมโมเนีย ซึ่งแอมโมเนียที่ผลิตได้จะถูกแบคทีเรียนำมาใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนในการสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรีย และสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ต่อไป โดยอยู่ภายใต้อิทธิพลของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (6-7) ภายในกระเพาะรูเมน (Van Soest, 1994) ซึ่งระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ คือ 10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) และพบว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย และอีก 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้กรดแอมิโนโดยตรง (เมธา, 2533)

บุญล้อม (2541) กล่าวว่าโปรตีนที่สัตว์ได้รับจากอาหารแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) เป็นโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน สัตว์นำมาใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) เป็นโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยจะไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และสำไส้เล็ก ซึ่งจะถูกน้ำย่อยย่อยให้เป็นกรดแอมิโนและสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ดังนั้นการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีทั้งการย่อยในกระเพาะรูเมนหรือไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็กเข้าสู่ระบบเลือด ซึ่งแอมโมเนียจากโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนจะถูกจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ และแอมโมเนียที่เกิดขึ้นภายในกระเพาะ

รูเมนส่วนหนึ่งจะซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน (rumen epithelium) เข้าสู่เส้นเลือดฝอย และถูกนำเข้าสู่หลอดเลือดที่กระเพาะรูเมน ส่งไปยังหลอดเลือดดำขนาดใหญ่ที่นำเลือดสู่ตับ จากนั้นตับจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นยูเรียโดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) และส่งออกมาในกระแสเลือด ยูเรียส่วนหนึ่งจะถูกนำกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนโดยผ่านทางน้ำลาย หรือซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนโดยตรง และอีกส่วนหนึ่งจะถูกขับออกทางปัสสาวะ โดยทั่วไปความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ระหว่าง 6-27 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Swenson, 1977) หากค่ายูเรียในเลือดต่ำกว่านี้แสดงถึงปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ไม่เพียงพอ ซึ่งโดยทั่วไปพบว่า ถ้าความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำให้การเจริญเติบโต และการทำงานของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดลง อาหารถูกย่อยได้น้อยและสัตว์กินอาหารได้น้อยลง กรณีดังกล่าวมักเกิดเนื่องจากอาหารมีไนโตรเจนต่ำไป หรือมีโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนสูงเกินไป (บุญล้อม, 2541) ในทางตรงกันข้ามหากค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดสูงกว่าปกติ แสดงว่าปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นมาก ในอัตราเร็วกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ได้ทัน เนื่องจากโปรตีนในอาหารสูงเกินไป ส่งผลทำให้สังเคราะห์ยูเรียที่ตับเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลเสียต่อสัตว์และสภาพแวดล้อม เนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานในการกำจัดยูเรียออกจากร่างกายและยูเรียส่วนเกินที่ขับถ่ายออกนอกร่างกาย ยังก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม (Lewis, 1957 อ้างโดย สุมาลี, 2551)

เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถสังเคราะห์โปรตีนได้โดยใช้แอมโมเนียที่เกิดจากการไฮโดรไลซ์โปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนร่วมกับกรดคีโต (keto acid) ที่ได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต ได้เป็นกรดแอมิโน ซึ่งจะถูกสร้างเป็นโปรตีนของจุลินทรีย์เอง และโปรตีนนี้จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากตัวสัตว์ที่กระเพาะแท้และลำไส้เล็กได้เป็นกรดแอมิโน ซึ่งตัวสัตว์จะดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายต่อไป จึงทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่จำเป็นต้องได้รับโปรตีนคุณภาพดีจากอาหาร คือ สามารถใช้อาหารที่มีโปรตีนคุณภาพต่ำ หรือสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนได้ ดังนั้นปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์แสดงให้เห็นถึงปริมาณโปรตีนที่เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ และศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งการวัดปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์มีความสำคัญในแง่การประเมินคุณภาพของอาหารสัตว์ (เทอดชัย, 2548) โดย Rys และคณะ (1975) อ้างโดย Gonda และคณะ (1996) รายงานว่า อนุพันธ์พิวรีน ซึ่งได้แก่ ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) แซนทีน (xanthine) กรดยูริก (uric acid) และอะแลนโตอิน (allantoin) ในปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้เป็นดัชนีในการประเมินโปรตีนที่ได้จากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งสารอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะเป็นผลมาจากสารพิวรีนของโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่ถูกย่อย และดูดซึมเข้าสู่

กระแสเลือด ตลอดทั้งถูกกรองที่ไตออกมากับปัสสาวะ และมีอนุพันธ์พิวรีนบางส่วนที่ได้จากการย่อยและดูดซึมจากแหล่งพิวรีนในเซลล์ของตัวสัตว์เอง อนุพันธ์พิวรีนทั้ง 4 ชนิด สามารถตรวจพบในปัสสาวะของแกะ แพะ กวาง และลา ส่วนในปัสสาวะของโคและกระบือนั้น จะพบอะแลนโตอินและกรดยูริกเป็นหลัก ส่วนแซนทีนและไฮโปแซนทีนนั้นมีระดับต่ำมากประมาณ 0.04-3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สัดส่วนของอะแลนโตอินต่อค่ารวมของอนุพันธ์พิวรีนมีค่าอยู่ในช่วง 0.84-0.89 ซึ่งลักษณะที่มีอะแลนโตอินเป็นสัดส่วนที่สูงนี้จึงทำให้การใช้ปริมาณอะแลนโตอินในปัสสาวะเพียงค่าเดียวสามารถประเมินปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์ได้ดีในโค (โอภาส และทองสุข, 2547; IAEA, 1997) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยอีกหลายปัจจัย เช่น แหล่งโปรตีน ระดับโปรตีนในอาหาร และปริมาณอาหารที่กินได้ เป็นต้น (โอภาส และทองสุข, 2547)

กระบวนการใช้ประโยชน์ได้ของไขมัน

โดยปกติสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับไขมันจากอาหารไม่สูงนัก เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีไขมันค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ในกระเพาะรูเมนจะมีกระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันอยู่ 2 กระบวนการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหารโดยจุลินทรีย์ และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในตัวของจุลินทรีย์ แต่จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากไขมันในขอบเขตที่จำกัด เนื่องจากการนำเอากรดไขมันที่ได้ไปใช้เป็นพลังงาน หรือนำไปสังเคราะห์ไขมันในตัวจุลินทรีย์เองเกิดขึ้นน้อยมาก กระบวนการเมแทบอลิซึมไขมันโดยจุลินทรีย์สามารถแบ่งได้ดังนี้ (เทอดชัย, 2540)

1.ไฮโดรไลซีส (hydrolysis) พวกกาแลคโตลิพิด (galactolipids) ไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) และฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ที่เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของไขมันจะผ่านกระบวนการไฮโดรไลซีสโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากแบคทีเรียชนิด lipolytic bacteria ปล่อยกาแลคโตส (galactose) กลีเซอรอล และกรดไขมัน (fatty acid) ออกมา ซึ่งกาแลคโตสและกลีเซอรอลจะถูกหมักต่อไปและเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย ที่ประกอบด้วย กรดโพรพิโอนิกเป็นส่วนใหญ่ และมีกรดแอซิติก และกรดบิวทีริกอยู่บ้างเล็กน้อย ส่วนโปรโตซัว พบว่าไม่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ทำให้เกิดไฮโดรไลซีสได้ กระบวนการไฮโดรไลซีสนี้จะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร แต่การไฮโดรไลซีสนี้ไม่ได้ทำให้ไขมันแตกตัวเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันได้หมดสมบูรณ์ ยังคงมีโมโนกลีเซอรอล (monoglycerol) และไดกลีเซอรอล (diglycerol) เหลืออยู่บ้างเล็กน้อย

2. ไฮโดรจีเนชั่น (hydrogenation) เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและโปรโตซัว ในกระบวนการนี้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) จะถูกไฮโดรเจนที่ได้จากการหมักทำให้เป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว ซึ่งกรดไขมันจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ และไขมันนม การไฮโดร-จีเนชั่นนี้ไม่ได้เกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทุกชนิด และพันธะคู่ทุกแห่ง ที่มีอยู่ในกรดไขมันทำให้ยังคงที่ และยังหลงเหลืออยู่บ้างขึ้นอยู่กับไขมันแต่ละชนิด ซึ่งเป็นวิธีการเปลี่ยนกรดไขมันจากตัวหนึ่งไปเป็นอีกตัวหนึ่ง ผลจากไฮโดรจีเนชั่นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งทาง geometrical isomer (cis-trans) ได้เรียกว่า isomerization โดยที่ปกติกรดไขมันจากพืชที่อยู่ในตำแหน่ง cis ถูกเปลี่ยนไปเป็นตำแหน่ง trans ที่มีความคงตัวสูงและมีจุดหลอมเหลว (melting point) สูงกว่ากรดไขมันที่ตำแหน่ง cis ซึ่งกรดไขมันที่อยู่ในรูป trans นี้จะถูกดูดซึมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของไขมันในร่างกายสัตว์ มีผลทำให้กรดไขมันของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุด melting point ค่อนข้างสูง และสูงกว่ากรดไขมันของสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่มีจุด melting point ต่ำ ซึ่งการเกิดไฮโดรจีเนชั่นของไขมันในกระเพาะรูเมนเป็นการช่วยลดความเป็นพิษกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่มีต่อจุลินทรีย์ ทั้งนี้เพราะทำให้แรงตึงผิวสูง ทำให้การซึมผ่านของเซลล์เมมเบรน (membrane cell) ลดลง (เมธา, 2533)

เทอดชัย (2540) กล่าวว่า ผลจากการย่อยไขมันในกระเพาะรูเมน ทำให้ได้กรดไขมันเกิดขึ้น ซึ่งกรดไขมันที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 12 ตัว จะถูกดูดซึมภายในกระเพาะรูเมน ส่วนกรดไขมันที่มีคาร์บอนมากกว่า 12 ตัว ไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนได้ และจุลินทรีย์นำกรดไขมันชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์ได้น้อย กรดไขมันเหล่านี้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรดสเตียริก (stearic acid) และไขมันในเซลล์ของจุลินทรีย์จะผ่านไปยังลำไส้เล็ก และถูกดูดซึมผ่านมิวโคซาเซลล์ (mucosal cell) เข้าสู่ระบบน้ำเหลือง นอกจากนี้ไขมันบางส่วนที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ในกระเพาะรูเมน และผ่านไปยังลำไส้เล็ก จะถูกน้ำดี และน้ำย่อยจากตับอ่อน (pancreatic lipase) ย่อยได้กรดไขมัน ซึ่งจะถูกดูดซึมร่วมกับกรดไขมันอื่นๆ เข้าสู่ระบบน้ำเหลืองเช่นเดียวกัน ทั้งนี้กรดไขมันที่อิ่มตัวจะถูกดูดซึมช้ากว่ากรดไขมันสายสั้น อย่างไรก็ตาม กรดไขมันเกือบทั้งหมดจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ทำให้การย่อยได้ที่แท้จริงของไขมัน (true digestibility) มีค่าเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์

เมธา (2533) กล่าวว่าการเสริมไขมันในระดับที่สูงเกินไปในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีผลต่อกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน ดังนี้

1. ทำให้ลดการย่อยได้ของเซลลูโลส และทำให้ปริมาณอาหารหยาบที่สัตว์สามารถกินได้ลดลง โดยไขมันจะเข้าไปหุ้มผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าย่อยเซลลูโลสได้

2. ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด ทำให้จำนวนของจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลง เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยกรดไขมันที่เคลือบอยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ อาจจะทำให้ประสิทธิภาพการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ลดลง และกรด

ไขมันที่มีสายยาว จะทำปฏิกิริยากับประจุบวก ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายยาก (insoluble complex) ทำให้จำนวนประจุบวกที่เป็นประโยชน์กับจุลินทรีย์ลดลง ประสิทธิภาพการย่อยของจุลินทรีย์ก็ลดลงตามไปด้วย

3. ไขมันมีผลเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของกรดแอซิติกกับกรดโพรพิออนิก แม้ว่าจะมีการเสริมไขมันในปริมาณที่น้อย เช่น 600 กรัมต่อวัน ก็สามารถทำให้อัตราส่วนของกรดแอซิติกกับกรดโพรพิออนิกลดลงได้จาก 3.9 เป็น 2.9 ซึ่งการลดลงของกรดแอซิติก มีผลทำให้ความเข้มข้นของกรดแอซิติกในพลาสมาลดลง และที่สำคัญคือ ทำให้การสังเคราะห์ไขมันในน้ำนมลดลง แต่ถ้ามีการเสริมไขมัน โดยทำให้ไขมันอยู่ในรูปของเกลือแคลเซียม (Ca-salts) ที่มีการละลายได้น้อยกว่าไขมันธรรมดา จะทำให้การเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของกรดแอซิติกกับโพรพิออนิกเกิดขึ้นได้น้อย ผลที่จะทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงก็น้อยลงตามไปด้วย และจากการที่ไขมันอยู่ในอาหาร เมื่อเข้าไปในกระเพาะรูเมนจะเกิดกระบวนการไฮโดรจีเนชั่นและตามด้วย isomerization มีผลทำให้กรดไขมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในรูปของ trans isomers เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการที่กรดไขมันอยู่ในรูปของ trans isomer นี้จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในต่อมน้ำนมทำให้การสังเคราะห์ไขมันลดลง

การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง

โคพื้นเมือง หมายถึง โคที่อยู่ในเมืองไทยมานานแล้ว อาจเป็นโคซึ่งอยู่ในท้องถิ่นแต่เดิมหรือโคซึ่งนำจากที่อื่นนานมาแล้ว หรือโคที่เกิดจากการผสมข้ามอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งไม่อาจแยกแยะหรือแจกแจงเข้ากับโคพันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง (จรัญ, 2515)

โคพื้นเมืองภาคใต้ของไทยเป็นโคพื้นเมืองสายพันธุ์หนึ่งซึ่งสืบหาต้นกำเนิดไม่ได้เนื่องจากไม่มีการบันทึกไว้ แต่การสังเกตลักษณะภายนอก โคพื้นเมืองภาคใต้จัดเป็น *Bos indicus* ซึ่งเป็นเผ่าเดียวกับ โคอินเดีย หรือโคซีบู (Zebu cattle) ในกลุ่ม Bivovine ในเอเชียใต้และจัดว่าเป็นโคพื้นเมืองไทยที่มีรูปร่างดี กล้ามเนื้อล่ำสัน มีลักษณะแข็งแรงกว่าโคสายพันธุ์ในประเทศ (กรมปศุสัตว์, 2542) มีรูปร่างกะทัดรัด ลำตัวเล็ก ขาเรียวเล็ก มีเหนียงคอ แต่ไม่หย่อนยานมาก หูเล็ก หนังท้องเรียบ ทนร้อน ทนต่อโรคและแมลง หากินเก่ง ให้ลูกดก เลี้ยงง่าย (กรมปศุสัตว์, 2538) นอกจากนี้ โคพื้นเมืองภาคใต้ยังสามารถใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบได้ดี ซึ่งเหมาะสมกับสภาพปัจจุบันที่กำลังประสบปัญหาขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ตามธรรมชาติและพื้นที่เลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มลดลง (Kawashima *et al*., 2000) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงโคพื้นเมืองส่วนใหญ่มักอาศัยพืชอาหารสัตว์ตามธรรมชาติ และขาดการจัดการด้านอาหารที่ดี ส่งผลให้ผลผลิตของโคต่ำ โดยเฉพาะในช่วง

หน้าแล้งที่ขาดแคลนอาหารหยาบ หรืออาหารหยาบที่ได้รับมีคุณภาพต่ำ การเสริมอาหารข้นร่วมกับอาหารหยาบที่มีอยู่ จะช่วยให้โคได้รับโภชนะเพิ่มขึ้นในระดับที่เพียงพอกับความต้องการ และส่งผลให้โคสามารถให้ผลผลิตได้ตามศักยภาพทางพันธุกรรม (เทอดชัย, 2540)

สุทิสา (2548) ได้ศึกษาผลการเสริมอาหารข้นที่ระดับโปรตีนรวม 13.71 เปอร์เซ็นต์ ต่อปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง (โปรตีนรวม 3.4 เปอร์เซ็นต์) แบบเต็มที่ โดยเสริมอาหารข้น 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของโคกลุ่มที่ได้รับอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (82.42 และ 75.40 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นเสริม 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (73.63 และ 67.54 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม สมดุลไนโตรเจน พลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ของโคที่ได้รับอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (6.15, 0.24 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน 795.0 และ 669.4 กิโลจูลต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคที่รับอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (4.79, -0.006 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน 502.1 และ 418.4 กิโลจูลต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และโภชนะที่ย่อยได้รวมของโคที่ได้รับอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (54.22, 57.11, 47.76 และ 54.38 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ซึ่งสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (48.44, 51.49, 34.49 และ 48.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

อนันต์ (2548) ได้ทำการศึกษาผลการเสริมอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของแม่โคพื้นเมืองภาคใต้ช่วงตั้งท้องระยะกลาง โดยให้แม่โคได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 13.74 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า การเสริมอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้นส่งผลให้แม่โคมีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยแม่โคที่ได้รับอาหารข้นเสริม 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีปริมาณการกินได้ทั้งหมด 80.28 กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมของแม่โคที่ได้รับอาหารข้นเสริม 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เท่ากับ 73.19 และ 6.30 กรัมต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ สูงกว่าการเสริมอาหารในระดับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และ

โภชนะที่ย่อยได้รวมของแม่โคที่ได้รับอาหารข้นเสริม 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเท่ากับ 57.50, 60.13, 54.23 และ 56.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูงกว่าแม่โคที่ได้รับอาหารข้นเสริม 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (49.24, 53.02, 32.28 และ 47.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) 0.05 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (50.58, 53.58, 41.68 และ 49.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเสริมอาหารข้นในระดับต่างๆ ไม่ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งเป็นไปทำนองเดียวกับการศึกษาของ Kawashima และคณะ (2000) และสุทิสา (2548) ที่รายงานว่า การเพิ่มระดับของอาหารข้นที่ใช้เสริมให้โคพื้นเมืองไม่มีผลทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่า โคพื้นเมืองสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยในอาหารหยาบคุณภาพต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สุชาติ (2553) ศึกษาการใช้เปลือกสับปะรดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะในการขุนโคพื้นเมืองภาคใต้ โดยสุ่มให้โคพื้นเมืองได้รับอาหารทดลองที่มีแหล่งอาหารหยาบ ดังนี้ 1) เปลือกสับปะรดหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ 2) เปลือกสับปะรดหมัก 65 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าแพงโกล่าแห้ง 35 เปอร์เซ็นต์ 3) เปลือกสับปะรดหมัก 35 เปอร์เซ็นต์และหญ้าแพงโกล่าแห้ง 65 เปอร์เซ็นต์ และ 4) หญ้าแพงโกล่าแห้ง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยโคพื้นเมืองได้รับสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่ 65 ต่อ 35 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลอง พบว่า โคพื้นเมืองมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน (3.70, 3.81, 3.52 และ 3.59 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ($P>0.05$) การย่อยได้ปรากฏของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ในโคพื้นเมืองที่ได้รับเปลือกสับปะรดหมัก 100 เปอร์เซ็นต์ (82.66, 84.52, 84.10, 76.64 และ 68.84 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าในโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าแห้ง 100 เปอร์เซ็นต์ (74.54, 76.73, 78.89, 66.18 และ 54.61 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความเข้มข้นของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ในอาหารที่มีเปลือกสับปะรดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.96 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) สูงกว่า ($P<0.05$) ในอาหารที่มีหญ้าแพงโกล่าแห้ง 100 เปอร์เซ็นต์ (2.67 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

สุมาลี (2551) ศึกษาผลของระดับเยื่อในลำต้นสาคูต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้ง โดยใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ ร่วมกับกากถั่วเหลือง 0.50 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน เสริมด้วยเยื่อในลำต้นสาคูในระดับ 0, 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเสริมเยื่อในลำต้นสาคูในระดับ 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่โคกินได้ในรูปของวัตถุแห้ง (49.77, 54.45 และ 57.40 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ตามลำดับ) และอินทรียวัตถุ

(46.40, 51.07 และ 54.13 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมเยื่อในลำต้นสาคู (41.57 และ 38.47 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อโคได้รับเยื่อในลำต้นสาคูเสริมระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว นอกจากนี้โคที่ได้รับเยื่อในลำต้นสาคูเสริม 0.25, 0.50 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (51.86, 55.48 และ 62.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (55.29, 59.07 และ 66.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่เสริมเยื่อในลำต้นสาคู (43.62 และ 48.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส โภชนะที่ย่อยได้รวม และสมดุลไนโตรเจน ไม่แตกต่างกันในระหว่างทรีทเมนต์ ($P>0.05$) สำหรับนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคมีค่าเฉลี่ยในช่วง 6.83-7.00 ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนและความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคที่ได้รับเยื่อในลำต้นสาคูเสริมระดับ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (3.93 และ 7.51 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) และระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (3.75 และ 4.09 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) มีค่าต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมเยื่อในลำต้นสาคู (7.14 และ 15.74 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้จำนวนประชากรของแบคทีเรียและจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีจำนวน 5.58-6.19 x 10^{10} และ 2.02-2.53 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร สำหรับจำนวนประชากรและชนิดของโปรโตซัว พบว่า โคที่ได้รับเยื่อในลำต้นสาคูเสริมระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีจำนวนประชากรของโปรโตซัวชนิด Holotrich (1.22 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ต่ำกว่าโคที่ได้รับเยื่อในลำต้นสาคูเสริมระดับ 0, 0.25 และ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (1.60, 1.49 และ 2.02 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ลินดา (2551) ศึกษาผลของการใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองภาคใต้ที่ได้รับหญ้าแห้ง พบว่า ปริมาณอาหารข้น และปริมาณอาหารที่โคกินได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับเยื่อในลำต้นสาคูที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้น และปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (69.75 และ 89.67 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์

(54.08 และ 75.98 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และ 25 เปอร์เซ็นต์ (55.37 และ 76.13 กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และโภชนะที่ย่อยได้รวมของโคทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าโคที่ได้รับอาหารที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (67.73 และ 67.91 เปอร์เซ็นต์) อินทรียวัตถุ (70.06 และ 70.76 เปอร์เซ็นต์) และโปรตีนรวม (65.85 และ 66.88 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าโคกลุ่มอื่น สำหรับนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน พบว่า อุณหภูมิ (39.1-39.4 องศาเซลเซียส) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (3.50-5.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) และความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (108.23-134.70 มิลลิโมลต่อลิตร) รวมทั้งปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก (61.82-64.28, 27.76-30.70 และ 5.27-8.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค (2.07-2.34) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าโคที่ได้รับอาหารที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีประชากรโปรโตซัวกลุ่ม Entodiniomorphs และโปรโตซัวทั้งหมด (0.74 และ 0.87 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ (2.34 และ 2.39 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของโคที่ได้รับอาหารที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (9.67 และ 10.67 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่ใช้เยื่อในลำต้นสาคูทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (6.40 และ 6.69 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อ

ในแง่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อ ได้มีการศึกษาโดยนักวิจัยทั้งในประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย โดย วรรณะ (2536) รายงานว่าโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับหญ้ากินนีสดเป็นอาหารหยาบ เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (อาหารหยาบและอาหารข้น) 2.21, 2.05 และ 1.98 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณอาหารข้นที่โคกินได้ลดลง (1.10, 1.01 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะอาหารมีกลิ่นหืน ส่งผล

ให้ความน่ากินของอาหารลดลง ในขณะที่ Ahmad (1986) รายงานว่า ในประเทศมาเลเซียสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมในโครุ่นได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยโคกินอาหาร 4.80-6.00 กิโลกรัมต่อวัน และมีน้ำหนักตัวเพิ่ม 600-1,000 กรัมต่อตัวต่อวัน อาจเนื่องจาก กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้มีปริมาณไขมันต่ำ สอดคล้องกับ Jalaludin (1994) ซึ่งรายงานว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโครุ่น โดยให้โคกินกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 6-8 กิโลกรัมต่อวัน เสริมวิตามินและแร่ธาตุ ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 700-1,000 กรัมต่อตัวต่อวัน นอกจากนี้ Jelan และคณะ (1986) ซึ่งศึกษาการขุนโคพันธุ์เดร้ามาสเตอร์ (Draughtmaster) โคลูกผสมฟรีเชียน-ซาฮีวาล (Friesian-Sahiwal, FS) โคลูกผสมเจอร์ซี่ X ฟรีเชียน-ซาฮีวาล (Jersy X FS) โคลูกผสมฟรีเชียน-ซาฮีวาล X ออสเตรเลียน มิลกิ้ง ซีบู (FS X Australia Milking Zebu) และโคพันธุ์เจอร์ซี่ (Jersy) โดยใช้อาหารข้นระดับโปรตีนรวม 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 85 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับรำข้าว 13 เปอร์เซ็นต์ ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุผสม 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า โคพันธุ์เดร้ามาสเตอร์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (750 กรัม/ตัว/วัน) และเปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage) ของโคทั้ง 5 สายพันธุ์ มีค่าอยู่ระหว่าง 51-52 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถใช้เป็นส่วนประกอบหลักในสูตรอาหารโค ซึ่งส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากตรงตามศักยภาพทางพันธุกรรมได้

สำหรับการวิจัยในประเทศไทยเกี่ยวกับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของโค โดย จินดา และคณะ (2543ก) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ทดแทนอาหารข้น เสริมให้แก่โคเนื้อลูกผสมอเมริกันบราห์มันเพศผู้ตอนที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ พบว่า โคทุกกลุ่มมีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด 7.29, 7.39 และ 7.18 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของโคที่ได้รับอาหารข้นเสริม (0.44 กิโลกรัมต่อวัน และ 18.63 ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับโคที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ทดแทนอาหารข้น ในขณะที่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 100 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนอาหารข้น ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (0.39 กิโลกรัมต่อวัน และ 20.99 ตามลำดับ) ด้อยกว่า ($P<0.05$) กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 50 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนอาหารข้น (0.49 กิโลกรัมต่อวัน และ 16.51 ตามลำดับ) นอกจากนี้ จินดา และคณะ (2543ข) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารข้นในโคเนื้ออเมริกันบราห์มันเพศผู้ ที่ได้รับฟางข้าวแบบเต็มที่ พบว่า โคทุกกลุ่มมีปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ 7.87, 7.84 และ 7.66 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 100 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารข้น ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.400 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารข้น (0.608 และ 0.513 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ สมบัติ และสมคิด (2545) ซึ่งศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มชนิดอัดน้ำมันในระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารโคขุนระยะต้น (120 วัน) และระยะปลาย (121-270 วัน) โดยใช้โคเนื้ออเมริกันบราห์มันเพศผู้ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหยาบ รายงานว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโคขุนระยะต้นและระยะปลาย ส่งผลให้โคมีน้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยตลอดระยะ 270 วันของการขุนสูงที่สุด (273.0 กิโลกรัม และ 1.01 กิโลกรัม ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ในระยะต้น และ 40 เปอร์เซ็นต์ในระยะปลาย กลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในระยะต้น และ 20 เปอร์เซ็นต์ในระยะปลาย และกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในระยะต้นและระยะปลายของการขุน อย่างไรก็ตาม การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารระยะปลายของการขุน ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตในระยะปลายด้อยลง (1.03, 0.73, 1.02 และ 0.92 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ)

จากผลการวิจัยการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการผลิตของโคเนื้อ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างระหว่าง ผลการวิจัยของประเทศมาเลเซียและประเทศไทย ทั้งนี้ ผลการวิจัยของนักวิจัยในมาเลเซีย สรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นส่วนประกอบหลักในสูตรอาหารโค ในขณะที่ผลการวิจัยโดยนักวิจัยในประเทศไทย สรุปได้ว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารในระดับสูงจะทำให้ปริมาณการกินได้และสมรรถภาพการผลิตลดลง ซึ่งความแตกต่างของผลงานวิจัยการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อของประเทศมาเลเซียและประเทศไทย อาจเกิดจากความแตกต่างของคุณภาพอาหารหยาบ และคุณภาพของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ประกอบในสูตรอาหารข้น โดยในสภาวะที่สัตว์ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี มีระดับโปรตีนปานกลาง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในสูตรอาหารข้นมีไขมันไม่สูงเกินไป จะสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารได้มากขึ้น

สำหรับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารต่อสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโค Wong และคณะ (1987) รายงานว่า โคพันธุ์เคดาห์

กลันตัน (Kedah Kelantan) ที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วย กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เยื่อใยส่วนเปลือก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากน้ำตาล ร่วมกับฟางข้าว หรือหญ้าเนเปียร์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 6.5 นอกจากนั้น Abdullah และคณะ (1986) รายงานว่า โคพันธุ์เคดาห์ กลันตัน ที่ได้รับหญ้าซีทาเรีย (*Setaria sphacelate*) เสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 1.7 กิโลกรัมต่อวัน มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 29.1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคพันธุ์เดียวกันซึ่งได้รับหญ้าซีทาเรียเพียงอย่างเดียว มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเพียง 5.1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่สูงขึ้นในโคที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน อาจเนื่องมาจากโคได้รับโปรตีนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Abdullah และ Hutagalung (1988) ที่รายงานว่า โคพันธุ์เคดาห์ กลันตัน ที่ได้รับอาหารข้น (โปรตีนรวม 16.6 เปอร์เซ็นต์) ที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 89 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 37.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคพันธุ์เดียวกันที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เล่ย์เป็นส่วนประกอบ (โปรตีนรวม 12.8 เปอร์เซ็นต์) และโคที่กินหญ้าอย่างเดียว (โปรตีนรวม 6.8 เปอร์เซ็นต์) มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 17.0 และ 15.07 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสำหรับโคได้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในภาคใต้ยังมีจำกัด จึงควรมีการศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม อีกทั้งควรศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ หรือใช้ทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาสูงและไม่สามารถผลิตได้เองในภาคใต้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลงเป็นผลดีต่อเกษตรกร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนในโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษากระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ และอุปกรณ์

1. โคพื้นเมืองเพศผู้ อายุเฉลี่ย 4.7±0.6 ปี และน้ำหนักเฉลี่ย 317±21 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว
2. โรงเรือนโค ประกอบด้วย คอกเดี่ยว รางอาหาร และอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติ ราวเหล็กกั้นระหว่างตัวสัตว์
3. หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง ที่มีอายุการตัด 70 วันของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์ จังหวัดสตูล
4. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปลายข้าว กากถั่วเหลือง เกลือ ไดแคลเซียมฟอสเฟต ยูเรีย กากน้ำตาล แร่ธาตุ และวิตามินผสม และกำมะถัน
5. วัคซีนป้องกันโรคปากและเท้าเปื่อย และวัคซีนป้องกันโรคคอบวม
6. ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (Valbazen® บริษัท Better Pharma co., Ltd.)
7. วิตามินรวม ที่ประกอบด้วย วิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี
8. แร่ธาตุก้อน (Baslic-red) ของบริษัท ขวัญเกษตร จำกัด
9. เครื่องชั่งน้ำหนักโค (Iconix รุ่น Fx 21)
10. เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร (Sartorius รุ่น 13L 3100)
11. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหาร มูล ปัสสาวะ และเลือด ประกอบด้วย พลั่วสำหรับตักมูล ถังรองรับมูล และปัสสาวะ ถุงพลาสติก ถุงมือพลาสติก ขวด-พลาสติก ผ้าขาวบางสำหรับกรองปัสสาวะ สายยางสำหรับรองรับปัสสาวะจากตัวโค สายยางสำหรับผูกติดตัวโค และหลอดเก็บตัวอย่างเลือด
12. อุปกรณ์สำหรับสุ่มเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก ขวดพร้อมฝาเกลียวสำหรับใส่ปัสสาวะ ถาดกลมสำหรับใส่มูลเพื่ออบหาความชื้น และอุปกรณ์สำหรับบันทึกข้อมูล
13. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (Proximate analysis)

14. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Detergent method
15. ตู้อบ (hot air oven)
16. เครื่องบด (willy mill)
17. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Hermle รุ่น Z 230)
18. อุปกรณ์ในการนับจุลินทรีย์โดยวิธีการนับตรง ประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์ที่กดนับเม็ดเลือด และ hematocytometer
19. pH electrode (MP. 125 LE 413, Mettler Toleds AG.)

วิธีการทดลอง

1. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

1.1 อาหารหยาบ

ใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์จังหวัดสตูล ซึ่งมีอายุการตัดประมาณ 70 วัน เป็นอาหารหยาบ โดยให้สัตว์ได้กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*)

1.2 อาหารข้น

อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหาร 5 สูตร โดยใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) อาหารข้นทั้ง 5 สูตรมีระดับโภชนะต่างๆ ตามความต้องการของโคเนื้อตามคำแนะนำของ NRC (1984)

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้โคพื้นเมืองเพศผู้ที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างที่กระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) อายุประมาณ 4.7±0.6 ปี และน้ำหนักประมาณ 317±21 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง โคทดลองทุกตัวถูกเลี้ยงในคอกเดี่ยว ในช่วงปรับสัตว์ก่อนเข้าการทดลองโคทดลองทุกตัวได้รับการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคติดต่อที่สำคัญได้แก่ วัคซีนโรคคอบวม และโรคปากและเท้าเปื่อย ถ่ายพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (albendazole) อัตราการใช้ยา 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 10 กิโลกรัม โดยการกรอกให้กินทางปาก และฉีดวิตามินเอ วิตามินดี และวิตามินอี อัตรา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม

ตารางที่ 2 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

อาหารข้น	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
ส่วนประกอบ					
ข้าวโพดบด	70.28	52.90	35.39	17.77	0.00
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	0	17.23	34.59	52.10	69.71
ปลายข้าว	20.37	20.45	20.52	20.61	20.66
กากถั่วเหลือง	3.24	3.63	4.03	4.43	4.81
เกลือ	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.90	0.90	0.90	0.91	0.91
ยูเรีย	1.55	1.21	0.88	0.47	0.20
กากน้ำตาล	1.79	1.80	1.80	1.81	1.82
แร่ธาตุและวิตามินผสม[1]	0.89	0.89	0.89	0.90	0.90
กำมะถัน	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
รวม	100	100	100	100	100
คุณค่าทางโภชนะ[2]					
โปรตีนรวม	14.42	14.52	14.67	14.70	15.09
ไขมันรวม	2.74	2.80	2.86	2.94	2.99
เยื่อใยรวม	2.56	3.55	5.44	5.55	6.55
โภชนะที่ย่อยได้รวม	67.95	67.91	67.85	67.81	67.76
ราคาโดยประมาณ[3]					
(บาท/กิโลกรัม)	13.15	12.37	11.59	10.79	10.00

หมายเหตุ [1]ประกอบด้วย วิตามินเอ 2.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินดี 30.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินอี 8,000 ล้านหน่วยสากล โคบอลต์ 0.08 กรัม ซีลีเนียม 0.08 กรัม ทองแดง 4.00 กรัม แมงกานีส 17.00 กรัม สังกะสี 23.00 กรัม เหล็ก 27.00 กรัม โปแทสเซียม 31.00 กรัม และแมกนีเซียม 35.00 กรัม สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 2.00 กรัม สื่อเติมจนครบ 1.00 กิโลกรัม

[2]คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ของกรมปศุสัตว์ (2547)

[3]กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 7.50 บาท/กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 22 บาท/กิโลกรัม ข้าวโพดบด 12.00 บาท/กิโลกรัม ปลายข้าว 13.00 บาท/กิโลกรัม ยูเรีย 25 บาท/กิโลกรัม กากน้ำตาล 9.00 บาท/กิโลกรัม เกลือ 3 บาท/กิโลกรัม ไดแคลเซียมฟอสเฟต 7.00 บาท/กิโลกรัม กำมะถัน 60.00 บาท/กิโลกรัม แร่ธาตุและวิตามินผสม 75 บาท/กิโลกรัม (ราคาวัตถุดิบที่สั่งซื้อโดยโรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ณ วันที่ 20 ธันวาคม 2551)

3. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ (5×5 Latin squares design) โดยมีกลุ่มทดลองหรือทรีทเมนต์ (treatment) คือ อาหารข้นสูตรต่างๆ และใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหยาบ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 0 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 25 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 50 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 75 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 100 เปอร์เซ็นต์

โดยสุ่มให้โคแต่ละตัวได้รับอาหารที่กำหนด ในการทดลองได้แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 5 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงใช้เวลา 20 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล 6 วัน รวมระยะเวลาทั้งหมด 100 วัน แผนผังการทดลองและการเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 6

4. วิธีการทดลอง

4.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

4.1.1. ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงที่ฝึกให้โคมีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ใช้ระยะเวลา 14 วัน ทำการสุ่มโคทดลองตามแผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควส์ โดยโคแต่ละตัวอยู่ในคอกเดี่ยว มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้าให้ดื่มน้ำได้ตลอดเวลา ให้โคได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ และทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake) โดยชั่งอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวัน

4.2.2. ระยะทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 6 วัน ให้โคได้รับอาหารตามทรีทเมนต์ที่กำหนดวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้ง 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนให้อาหารหยาบ และให้อาหารหยาบเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงปรับตัว เพื่อให้สัตว์กินอาหารหมด ทำการบันทึกปริมาณอาหารที่กินได้ ปริมาณมูล และปัสสาวะ เก็บตัวอย่างมูล

และปัสสาวะตลอดระยะเวลา 6 วัน และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) และตัวอย่างเลือดในวันสุดท้ายของระยะทดลอง

ตารางที่ 3 แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาของการสลับอาหารทดลอง	โคทดลอง				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ระยะที่ 1	A	B	E	D	C
ระยะที่ 2	B	A	D	C	E
ระยะที่ 3	D	C	A	E	B
ระยะที่ 4	C	E	B	A	D
ระยะที่ 5	E	D	C	B	A

หมายเหตุ : อักษรภาษาอังกฤษ A, B, C, D และ E คือ อาหารทดลองทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ภาพที่ 6 ระยะทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

4.2. การเก็บตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

4.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร และการหาปริมาณการกินได้

4.2.1.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร ทำการเก็บตัวอย่างอาหารหยาบในแต่ระยะการทดลองและตัวอย่างอาหารข้นทุกๆ ครั้งที่ทำการผสมอาหาร โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนๆ ละ 500 กรัม ดังนี้

ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักและนำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งและนำมาปรับปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กิน

ส่วนที่ 2 นำมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.2.1.2 บันทึกปริมาณการกินได้ของหญ้าแห้งและอาหารข้น โดยชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน สุ่มตัวอย่างหญ้าแห้งที่เหลือ แบ่งเป็น 2 ส่วน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและองค์ประกอบทางเคมี

4.2.2 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

ชั่งและบันทึกน้ำหนักมูลที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ทำการคลุกมูลทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 100 กรัม นำไปอบในตู้อบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2 สุ่มตัวอย่างไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักและเก็บใส่ถุงไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 5 วัน นำมูลทั้งหมดมาคลุกให้เข้ากัน ทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาค่าการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder และ Flatt (1975)

4.2.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

บันทึกปริมาตรปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดของโคแต่ละตัวในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร โดยใช้กรวยผูกยึดติดกับตัวโคซึ่งออกแบบเพื่อใช้สำหรับรองรับปัสสาวะจากตัวโค และมีสายยางต่อไปยังภาชนะที่รองรับปัสสาวะซึ่งมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) ในสัดส่วนกรดซัลฟิวริกต่อปัสสาวะ 1:10 เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด (pH < 3) ป้องกันการสูญเสียของไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (เมธา, 2533; Abdulrazak and Fujihara, 1999) จดบันทึกปริมาตรปัสสาวะทั้งหมดที่ขับออกในแต่ละวัน สุ่มเก็บปัสสาวะไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด และแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บตัวอย่างใส่ขวดพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 5 วัน แล้วจึงนำปัสสาวะที่เก็บได้ของโคแต่ละตัวทั้ง 5 วัน มารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้ง ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เก็บใส่ขวดพลาสติกนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บปัสสาวะประมาณ 60 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 5 วัน แล้วจึงนำปัสสาวะที่เก็บได้ของโคแต่ละตัวทั้ง 5 วัน มารวมกัน ทำการสุ่ม

อีกครั้ง เก็บใส่ขวดพลาสติก นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีน (purine derivatives)

4.2.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

ในวันสุดท้ายของระยะทดลองสุ่มตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ผ่านทางท่ออาหารถาวร โดยสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH electrode หลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 2 ส่วน ตามวิธีการของ เมธา และคณะ (2552) ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บปริมาตร 90 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกปริมาตร 120 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาส่วนที่ใส (supernatant) ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ในขวดพลาสติกเก็บไว้ในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia nitrogen) กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4)

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร ที่บรรจุฟอร์มาลิน (formalin) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10% formalin solution in 0.9% normal saline) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และซูโอสปอร์ของเชื้อรา (fungal zoospore) โดยวิธีนับตรง (total direct count) ตามวิธีของ Galyean (1989)

4.2.5 การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการเก็บข้อมูล โดยเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) ส่วนที่ 2 เก็บปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด และส่วนที่ 3 เก็บปริมาตร 1-2 มิลลิลิตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV)

4.2.6 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลอง คือ ก่อนเข้างานทดลอง หลังจากปรับสัตว์ และหลังจากสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง ทำการจดบันทึกเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

4.2.7 คำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (digestible nutrient intake) สมดุลไนโตรเจน การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{(\text{โภชนะที่ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล})}{\text{โภชนะที่ได้รับ}} \times 100$$

โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)

TDN = DCP + DCF + DNFE + (2.25 x DEE)

เมื่อ DCP = โปรตีนรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DCF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DNFE = ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DEE = ไขมันรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน)

= สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ x ปริมาณโภชนะที่ได้รับต่อวัน

สมดุลไนโตรเจน (กรัม/วัน)

= ปริมาณไนโตรเจนที่กิน (กรัม/วัน) – (ปริมาณไนโตรเจนในมูล (กรัม/วัน) + ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ (กรัม/วัน))

4.2.8 คำนวณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ และการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ดังนี้

การขับออกอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน)

= (อะแลนโตอิน+กรดยูริก)(มิลลิโมล/ลิตร) x ปริมาณปัสสาวะที่ขับออก (ลิตร/วัน)

อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน)*

= $(Y - 0.385\ BW^{0.75})/0.85$

เมื่อ Y = การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน)

* คำนวณตามสูตรที่แนะนำโดย Chen และ Gomes (1995)

ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/วัน)*

$$= \frac{X \times 70}{0.116 \times 0.83 \times 100} = 0.727 \times X$$

เมื่อ X = อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน)

-การย่อยได้ของพิวรีนของจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.83

-ปริมาณไนโตรเจนในพิวรีนมีค่าเท่ากับ 70 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อมิลลิโมล

-สัดส่วนของพิวรีนไนโตรเจนในจุลินทรีย์รวมในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีค่าเท่ากับ 11.6 : 100

* คำนวณตามสูตรที่แนะนำโดย Chen และ Gomes (1995)

ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/กิโลกรัมอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน)*

$$= \frac{\text{MN (g/day)}}{\text{DOMR (g)}} \times 1000 \text{ (g)}$$

เมื่อ MN = ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/วัน)

DOMR = การย่อยได้ของอินทรียวัตถุในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (กิโลกรัม/วัน)

DOMR** = DOMI x 0.65

โดย DOMI = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/วัน)

* คำนวณตามสูตรที่แนะนำโดย Chen และ Gomes (1995)

** คำนวณตามสูตรที่แนะนำโดย ARC (1990)

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแห้ง อาหารข้น และมูล ได้แก่ วัตถุ-แห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธี Detergent method ซึ่งดัดแปลงจาก Goering และ Van Soest (1970) การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะใช้วิธีการของ AOAC (1990) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยวิธีการกลั่น ตามวิธีการของ Bremner และ Keeney (1965)

การวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ดัดแปลงตามวิธีการวิเคราะห์ของ Josefa และคณะ (1999) โดยใช้ Gas Chromatography Agilent 6890n คอลัมน์ชนิด DB-FFAP ขนาดความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร และวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ดัดแปลงตามวิธีการวิเคราะห์ของ Chen และคณะ (1993) โดยใช้เครื่อง HPLC Agilent 1100 คอลัมน์ชนิด ZORBAX SB-C 18 ขนาดความยาว 150 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร หนา 5 ไมโครเมตร ทั้งนี้ส่งตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน และปัสสาวะไปวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสงขลา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ใช้วิธีการ Centrifuge (Heamatocrit 24) การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในพลาสม่า ใช้วิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor วิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor ทั้งนี้ส่งตัวอย่างเลือดไปวิเคราะห์ที่คลินิกหาดใหญ่แล็บ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณอาหารที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับยูเรีย-ไนโตรเจน และระดับกลูโคสในเลือด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1981)

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มและอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดบด และอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 4 พบว่า หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง มีวัตถุแห้ง 93.33 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 9[illegible]38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม [illegible]04 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 80.59 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 5[illegible]41 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 7[illegible]13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของลินดา ([illegible]551) และ ขวัญชนก ([illegible]55[illegible]) ที่รายงานว่า หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่อายุการตัด 70 วันที่ผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 9[illegible]01-9[illegible]88 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 1[illegible]47-3[illegible]6[illegible] เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 81[illegible]38-87[illegible]45 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 50[illegible]0[illegible]-56[illegible]10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากเป็นหญ้าที่ตัดเมื่ออายุ 70 วัน และผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว อีกทั้งยังมีส่วนของก้านมากกว่าใบ จึงส่งผลให้ระดับของโปรตีนต่ำ และเยื่อใยสูง ทั้งนี้พืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น พืชที่แก่จะมีปริมาณของโปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟอรัสลดลง และมีเยื่อใยรวม เซลลูโลส และลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างลำต้นและใบ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืช เป็นต้น (นิวัติ, [illegible]543) อย่างไรก็ตาม หญ้าพลิแคททูลั่มสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ลุ่ม ดินกรด และมีความสมบูรณ์ต่ำ โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งมีดินเป็นกรดและน้ำท่วมขัง เหมาะสำหรับปลูกหญ้าชนิดนี้ (สายัณห์, [illegible]540 และจินดา และคณะ, [illegible]544)

องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน พบว่า มีวัตถุแห้ง 94.49 เปอร์เซ็นต์ และประกอบด้วยอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรี-เอกซ์แทรก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน 95.9[illegible], 17[illegible]3, 8[illegible]4, 4[illegible]08, [illegible]137, 49[illegible]08, 3[illegible]35, 67[illegible]10, 44[illegible]30 และ 14[illegible]09 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบของโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการสวนปาล์ม สภาพแวดล้อม กรรมวิธีในการสกัด

แยกน้ำมัน ทั้งนี้กรรมวิธีในการสกัดแยกน้ำมันออกจากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมี 3 วิธี คือ การสกัดแบบหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด และการใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด จะยังคงมีไขมันเหลืออยู่ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ (จินดา, 2548) ดังนั้นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีไขมันรวม 8.4 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด อย่างไรก็ตาม โปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ (17.3 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ารายงานของทวีศักดิ์ (2549) นิวัติ (2531) และสมบัติ (2544) ที่รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัดมีโปรตีนรวม 14.10, 14.40 และ 14.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ใกล้เคียงกับการรายงานของ สุมิตรา (2543) และสุมาลี (2551) ที่พบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัดมีโปรตีนรวม 17.49 และ 17.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ (1.37 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ารายงานของนิวัติ (2531) และประพจน์ (2543) ที่พบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด ประกอบด้วย เยื่อใยรวม 14.80 และ 15.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของของข้าวโพดบด พบว่า มีวัตถุแห้ง 88.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วยอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 98.50, 7.89, 4.97, 1.50, 4.38 และ 81.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula และคณะ (2003) และทรงศักดิ์ และคณะ (2548) ที่รายงานว่า องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดประกอบด้วย วัตถุแห้ง 88.3-99.1 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 94.5-98.3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.8-8.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ พบว่า อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรี-เอกซ์แทรก และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง มีค่าอยู่ในช่วง 93.40-96.19, 14.63-16.31, 4.44-6.36, 3.71-6.60, 1.85-11.08, 59.65-77.33 และ 11.69-59.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในอาหารข้นลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวม ในอาหารข้นเพิ่มขึ้นเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบของไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวมสูงกว่าข้าวโพดบดที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวม 8.4, 4.08 และ 1.37 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดบด ประกอบด้วยไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวม 4.97, 1.50 และ 4.38 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ สำหรับระดับโปรตีนรวมในอาหารข้น พบว่า

อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวมใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 14.67-15.08 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระดับโปรตีนรวมในสูตรอาหารสูงถึง 16.31 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคทูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดบด และอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	หญ้าพลิแคทูลั่มแห้ง	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	ข้าวโพดบด	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)				
				0	25	50	75	100
วัตถุแห้ง	93.33	94.49	88.50	94.11	94.14	94.60	95.15	94.17
อินทรียวัตถุ	91.38	95.91	98.50	96.19	95.54	95.04	94.30	93.40
โปรตีนรวม	10.04	17.13	7.89	14.67	15.08	14.63	15.06	16.31
ไขมันรวม	0.43	8.14	4.97	1.44	3.01	4.01	4.93	6.36
เถ้า	7.61	4.08	1.50	3.71	4.46	4.96	5.70	6.60
เยื่อใยรวม	34.01	1.37	4.38	1.85	4.07	6.39	8.93	11.08
ไนโตรเจนฟรี-เอกซ์แทรก[1/]	55.89	49.08	81.16	77.33	73.37	70.00	65.38	59.65
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[2/]	9.31	3.35	68.86	59.91	45.18	30.30	14.83	11.69
ผนังเซลล์	80.59	67.10	16.78	19.16	3.16	46.09	59.48	59.04
ลิกโนเซลลูโลส	5.41	44.30	4.51	3.34	10.11	16.71	4.53	31.48
ลิกนิน	7.13	14.09	0.05	1.17	1.49	4.70	6.71	9.11
เฮมิเซลลูโลส[3/]	8.18	13.80	4.47	15.91	1.95	9.37	34.95	7.56
เซลลูโลส[4]	45.18	30.11	1.16	1.07	7.77	1.01	17.81	14.17

[1/]ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = 100-(%โปรตีนรวม+%เยื่อใยรวม+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[2/]คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100-(%โปรตีนรวม+%ผนังเซลล์+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[3/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[4/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดระดับต่างๆ กินหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเมื่อคิดเป็นกิโลกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งบนฐานเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่กินได้ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งบนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน เพิ่มขึ้นในรูปแบบเป็นเส้นตรง (L: P = 0.0045, 0.0038 และ 0.0037 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้น ขณะที่ปริมาณอาหารข้นที่โคกินได้ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง ทดแทนข้าวโพดบด ส่งผลให้อาหารข้นมีเยื่อใยรวมสูงขึ้น ซึ่งปริมาณเยื่อใยในอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่จำกัดปริมาณอาหารที่กินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ฉลอง, 2551) ทั้งนี้อาหารที่มีเยื่อใยสูง การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะจะช้า ทำให้สัตว์กินอาหารได้น้อยลง โดยเฉพาะผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิก มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณอาหารที่กินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1994) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Allen, 2000; NRC, 2001) จึงทำให้โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับสูงทดแทนข้าวโพดบด กินหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งได้มากขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการและความจุของกระเพาะ (เมธา, 2533) ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของวรรณะ (2536) ที่พบว่า โคเนื้อลูกผสมที่ได้รับหญ้ากินนีสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5 ปริมาณอาหารที่กินได้ (วัตถุแห้ง) ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.63	1.81	1.98	2.17	2.61	0.[illegible]	0.0045	0.5[illegible]00
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	0.45[b]	0.51[b]	0.55[ab]	0.60[ab]	0.7[a]	0.06	0.0038	0.4969
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเม-แทบอลิก/ตัว/วัน	19.74[b]	[illegible]00[b]	3.8[ab]	6.1[ab]	31.54[a]	5.58	0.0037	0.4906
อาหารข้น								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	5.33[a]	4.93[a]	4.50[a]	3.47[b]	2.91[b]	0.34	0.0001	0.4761
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.49[a]	1.38[ab]	1.25[b]	0.96[c]	0.80[c]	0.07	0.0001	0.3666
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเม-แทบอลิก/ตัว/วัน	64.70[a]	59.85[a]	54.3[a]	41.94[b]	35.04[b]	3.34	0.0001	0.394[illegible]
รวม								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	6.95	6.73	6.48	5.63	5.5[illegible]	0.44	0.01[illegible]	0.8[illegible]5
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.94[a]	1.88[a]	1.80[ab]	1.56[b]	1.53[b]	0.09	0.001[illegible]	0.7857
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเม-แทบอลิก/ตัว/วัน	84.40[a]	81.83[a]	78.16[ab]	68.04[b]	66.61[b]	4.33	0.00[illegible]4	0.7999

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/] L = linear, Q = quadratic

สำหรับปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งและอาหารข้น) พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดทั้ง 5 สูตร มีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดบนฐานกิโลกรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาบนฐานเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ [illegible]5 เปอร์เซ็นต์ กินอาหารทั้งหมด 1.94 และ 1.88 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 84.40 และ 81.83 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ 1.56 และ 1.53 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 68.04 และ 66.61 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เนื่องจากโคกลุ่มนี้กินอาหารข้นได้ต่ำ จึงส่งผลให้ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ต่ำตามไปด้วย ทั้งนี้ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดบนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P = 0.01, 0.001 และ 0.00 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารสูงขึ้น

ปริมาณโภชนะที่กินได้

ปริมาณโภชนะที่กินได้ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.1-6.63 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน แต่เมื่อพิจารณาบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (80.53 และ 77.49 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (63.71 และ 61.71 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สำหรับปริมาณโปรตีนที่กินได้ พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ บนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ลดลงในรูปเส้นตรง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณอาหารที่กินได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาความต้องการโปรตีนรวมของโค ซึ่ง Kearl (198) รายงานว่า โคน้ำหนักตัว 50-300 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 500 กรัมต่อวัน ต้องการโปรตีนรวมเฉลี่ย 0.65 กิโลกรัมต่อวัน แสดงให้เห็นว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 5 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้โคได้รับโปรตีนรวม (0.81, 0.78 และ 0.68 กิโลกรัมต่อวัน) เพียงพอกับความต้องการ นอกจากนี้ การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับที่สูงขึ้นยังมีผลทำให้ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโซลที่โคกินได้สูงขึ้น เนื่องจากโคกินหญ้าแห้งได้มากขึ้น

(ตารางที่ 5) โดยโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ทั้งบนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ปริมาณโภชนะที่กินได้ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
อินทรียวัตถุ								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	6.63	6.37	6.10	5.77	5.51	0.41	0.0063	0.8109
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	80.53[a]	77.49[a]	73.65[ab]	63.71[b]	61.71[b]	4.06	0.0010	0.7945
โปรตีนรวม								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.81[a]	0.78[a]	0.68[ab]	0.56[b]	0.55[b]	0.05	0.0004	0.9516
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	9.86[a]	9.47[ab]	8.[bc]	6.79[c]	6.6[c]	0.5	0.0001	0.8957
ผนังเซลล์								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	.50[c]	3.14[bc]	3.91[ab]	4.48[a]	4.09[a]	0.9	0.0001	0.0517
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	30.3[b]	38.1[b]	47.18[a]	54.5[a]	49.19[a]	.9	0.0001	0.0119
ลิกโนเซลลูโลส								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	1.03[d]	1.44[cd]	1.78[bc]	1.97[ab]	.31[a]	0.15	0.0001	0.6318
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.56[d]	17.56[c]	1.45[bc]	3.77[ab]	.85[a]	1.6	0.0001	0.587

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/] L = linear, Q = quadratic

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P = 0.010 และ 0.015 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากโคที่ได้รับอาหารข้นใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น มีปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินที่ได้รับจากอาหารสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ จึงมีผลต่อการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (เทอดชัย, 2540) โดย Hart และ Wanapat (1994) รายงานว่า ปริมาณผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณอาหารที่กิน และการย่อยได้ของอาหาร นอกจากนี้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบด การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้น จึงมีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถูกย่อยและสลายตัวได้เร็วในกระเพาะรูเมน (Church, 1991) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงอาจมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารข้นลดลง สอดคล้องกับสายันต์ (2547) ที่ศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารข้น เสริมให้แพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย และพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารข้นลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม และโภชนะที่ย่อยได้รวมของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นทั้ง 5 สูตร พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ลดลงในรูปเส้นตรง (L, P = 0.150 และ 0.008 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L: P=, 0.066 และ 0.016 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร โดยสัมประสิทธิ์การย่อย

ได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร ถึงแม้จะส่งผลให้สัตว์กินอาหารได้ลดลง รวมทั้งทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุลดลง แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการหมักย่อยเยื่อใย

ตารางที่ 7 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
วัตถุแห้ง	67.13[a]	66.50[ab]	6[abc]	60.75[bc]	58.1[c]	1.88	0.0010	0.8693
อินทรียวัตถุ	69.46[a]	69.08[a]	65.11[ab]	63.58[ab]	60.91[b]	1.86	0.0015	0.768
โปรตีนรวม	6.31	58.90	54.1	54.08	55.05	.47	0.0.50	0.1700
ไขมันรวม	80.43[c]	84.36[bc]	88.3[ab]	91.86[a]	93.30[a]	1.70	0.0001	0.4070
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	74.5[a]	73.53[a]	71.65[a]	68.8[ab]	6.53[b]	.13	0.0006	0.1674
เยื่อใยรวม	34.13[c]	49.70[ab]	39.5[bc]	44.97[abc]	53.07[a]	3.70	0.01.0	0.9307
ผนังเซลล์	51.70[b]	57.76[ab]	58.33[ab]	66.43[a]	60.66[a]	.69	0.0066	0.1.90
ลิกโนเซลลูโลส	30.10[b]	38.00[ab]	3.76[b]	39.06[ab]	46.17[a]	.93	0.0035	0.438
โภชนะที่ย่อยได้รวม	68.30	67.84	64.66	63.58	61.47	1.88	0.008	0.8671

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/] L = linear, Q = quadratic

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่โคได้รับ (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมที่ย่อยได้ที่โคได้รับ มีค่าลดลง (L: P= 0.000 และ 0.0003 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่ได้รับ ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ

100 เปอร์เซ็นต์ ด้อยกว่าโคกลุ่มอื่น นอกจากนี้ จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่โคได้รับมีค่าลดลง (L: P= 0.000) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 5, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น ซึ่งทำให้โคได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 17.53, 16.70, 15.16 และ 11.75 เมกะแคลอรีต่อวัน ตามลำดับ นั้นเพียงพอกับความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของโค โดย Kearl (1982) รายงานว่า โคน้ำหนักตัว 250-300 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 500 กรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เฉลี่ย 11.5 เมกะแคลอรีต่อวัน

ตารางที่ 8 ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	4.61[a]	4.40[a]	3.99[ab]	3.36[bc]	3.10[c]	0.17	0.0001	0.7747
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	56.01[a]	53.44[a]	48.07[ab]	40.50[bc]	37.41[c]	1.69	0.0001	0.7513
โปรตีนรวมที่ย่อยได้								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.51[a]	0.46[ab]	0.37[bc]	0.30[c]	0.30[c]	0.04	0.0003	0.4897
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	6.16[a]	5.61[ab]	4.48[bc]	3.68[c]	3.63[c]	0.41	0.0001	0.4003
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/วัน)	17.53[a]	16.70[a]	15.16[ab]	11.75[bc]	11.80[c]	1.03	0.0001	0.7745
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)	2.15[a]	2.49[a]	2.33[ab]	1.77[b]	1.84[b]	0.34	0.0004	0.7471

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/] L = linear, Q = quadratic

[2/] พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี่/วัน) = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) x 3.8 (Kearl, 1982)

สมดุลไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลของไนโตรเจนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากอาหารข้นบนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากอาหารข้นลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: $P = 0.010$ และ 0.080 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของโคทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด (อาหารข้นและหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง) ของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินได้ (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมดบนฐานกิโลกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: $P = 0.0005$ และ 0.0001 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในมูลของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในปัสสาวะและปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมดลดลง (L: $P = 0.0001$) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเพิ่มระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้โคกินอาหารข้นและอาหารทั้งหมดลดลง จึงทำให้ได้รับไนโตรเจนลดลง ซึ่งหากสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อย สัตว์จะเพิ่มการเก็บกักไนโตรเจนไว้ในร่างกาย โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะ ทำให้ยูเรียหมุนกลับสู่กระเพาะรูเมนได้อีก (Church, 1979) ส่งผลให้ไนโตรเจนถูกขับออกจากร่างกายลดลงเพื่อรักษาสมดุลไนโตรเจน ซึ่งเมื่อพิจารณาสมดุลไนโตรเจนของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า มีค่าเป็นบวกและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

การใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจน	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ								
หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.004	0.004	0.004	0.006	0.008	0.001	0.0489	0.1957
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.066	0.080	0.078	0.090	0.110	0.010	0.0116	0.7981
อาหารข้น								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.116[a]	0.110[a]	0.110[ab]	0.108[b]	0.108[b]	0.010	0.0001	0.7461
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.510[a]	1.438[ab]	1.336[bc]	0.998[cd]	0.954[d]	0.080	0.0001	0.9491
รวม								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.113[a]	0.116[a]	0.108[ab]	0.098[b]	0.088[b]	0.010	0.0005	0.8588
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.578[a]	1.516[ab]	1.314[bc]	1.086[c]	1.058[c]	0.083	0.0001	0.8937
ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออก								
มูล								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.048	0.050	0.050	0.044	0.038	0.004	0.0640	0.1471
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.592	0.616	0.600	0.498	0.478	0.042	0.0199	0.1879
ปัสสาวะ								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.044[a]	0.038[ab]	0.018[bc]	0.012[cd]	0.016[d]	0.003	0.0001	0.7644
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.552[a]	0.478[ab]	0.364[bc]	0.156[cd]	0.214[d]	0.039	0.0001	0.6697
รวม								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.092[a]	0.088[a]	0.068[a]	0.056[b]	0.054[b]	0.005	0.0001	0.4912
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.144[a]	1.094[ab]	0.896[b]	0.764[c]	0.694[c]	0.055	0.0001	0.6116
ไนโตรเจนที่ขับออก/ไนโตรเจนที่กิน (เปอร์เซ็นต์)	78.18	70.84	73.78	71.06	65.08	3.414	0.1766	0.1949
สมดุลไนโตรเจน								
กิโลกรัม/ตัว/วัน	0.036	0.034	0.030	0.016	0.030	0.006	0.4156	0.4995
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.434	0.414	0.350	0.314	0.366	0.061	0.1366	0.5139

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] L = linear, Q = quadratic

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 10 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และเป็นอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (39-40 องศาเซลเซียส) (Van Soest, 1994)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และค่าเฉลี่ย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L: $P= 0.16$, 0.003 และ 0.006 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร และโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากโคทั้ง 2 กลุ่ม กินหญ้าแห้งได้สูง (ตารางที่ 5) จึงผลิตน้ำลายได้มากซึ่งมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ในขณะที่อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีข้าวโพดบดในระดับที่สูงกว่า ซึ่งข้าวโพดบดมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย และทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เกิดกรดไขมันที่ระเหยง่ายและกรดแลกติก จึงทำให้ระดับความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมนลดลง อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ปกติ โดย Van Soest (1994) รายงานว่าระดับความเป็นกรด-ด่างในของของเหลวในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ทั้งนี้ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 (Grant and Mertens, 1992) ในขณะที่ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (Kopency and Wallace, 1982) จากผลการศึกษาในครั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนเมื่อโคได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับที่สูงขึ้น อาจมีผล

กระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย จึงทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสสูงขึ้น ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 0 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value	
	0	25	50	75	00		L	Q
อุณหภูมิ (°C)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	39 40	39 00	39 0	39 00	39 00	0 15	0 1074	0 4815
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	39 0	39 0	39 00	39 00	39 00	0 13	0 1649	0 6873
ค่าเฉลี่ย	39 30	39 10	39 10	39 00	39 00	0 1	0 0773	0 5039
ค่าความเป็นกรด-ด่าง								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	6 6	6 80	6 95	6 96	6 99	0 1	0 0 61	0 3 53
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	6 53[b]	6 55[b]	6 78[ab]	6 86[a]	6 89[a]	0 09	0 0030	0 6841
ค่าเฉลี่ย	6 58	6 68	6 87	6 9	6 94	0 10	0 0069	0 439
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1 86[ab]	15 7[a]	10 9[b]	9 71[b]	8 9[b]	1 68	0 0115	0 56 7
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 86[a]	11 43[ab]	8 57[bc]	8 8[bc]	5 7[c]	1 16	0 000	0 9463
ค่าเฉลี่ย	1 86[ab]	13 57[a]	9 43[bc]	9 00[bc]	7 00[c]	1 6	0 0009	0 7 14
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมล/ลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	83 37	77 5	65 59	63 45	64 39	5 46	0 0085	0 643
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	88 3[a]	76 57[ab]	66 60[b]	63 18[b]	64 11[b]	5 84	0 0041	0 1636
ค่าเฉลี่ย	85 85[a]	76 9[ab]	66 10[b]	63 31[b]	64 5[b]	5 0	0 0033	0 17 5
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	63 83	63 8	63 41	63 66	66 31	1 34	0 159	0 110
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	65 34	63 1	65 6	65 3	66 99	1 03	0 1 37	0 1597
ค่าเฉลี่ย	64 59	63 4	64 33	64 45	66 65	1 1	0 1508	0 16 0
กรดโพรพิโอนิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	13 64	14 17	14 09	13 8	13 8	0 47	0 4881	0 101
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	13 89	15 45	14 33	14 31	13 74	0 55	0 4174	0 1449
ค่าเฉลี่ย	13 77	14 81	14 1	14 07	13 51	0 45	0 38	0 1190
กรดไอโซบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1 84	01	10	13	06	0 1	0 0997	0 0867
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 67	1 81	1 86	04	1 94	0 11	0 0369	0 4061
ค่าเฉลี่ย	1 76	1 91	03	13	00	0 10	0 0359	0 1367

ตารางที่ 0 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	00		L	Q
กรดบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	13 04	1 81	1 81	1 74	11 7	0 78	0 888	0 5794
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 33	1 43	1 33	11 73	11 11	0 5	0 07 6	0 3 89
ค่าเฉลี่ย	1 68	1 6	1 57	1 3	11 4	0 63	0 1619	0 4599
กรดไอโซวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	4 15	3 99	3 48	3 31	80	0 54	0 063	0 8559
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	3 47	3 57	36	69	40	0 38	0 0 45	0 6044
ค่าเฉลี่ย	3 81	3 78	9	3 00	60	0 43	0 03	0 9067
กรดวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1 73	1 77	1 88	1 95	1 76	0 09	0 3895	0 1407
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 63	1 68	1 78	1 85	1 76	0 07	0 0657	0 4 7
ค่าเฉลี่ย	1 68	1 73	1 83	1 90	1 76	0 07	0 1553	0 1454
กรดไอโซคาโปรอิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0 69	0 73	0 87	0 88	0 85	0 06	0 0 84	0 668
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0 65[b]	0 73[ab]	0 83[a]	0 87[a]	0 86[a]	0 05	0 0037	0 449
ค่าเฉลี่ย	0 67[b]	0 73[ab]	0 85[a]	0 87[a]	0 85[a]	0 05	0 0056	0 003
กรดคาโปรอิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1 07	1 4	1 7	1 41	1 1	0 11	0 66	0 15
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 0	1 1	1 5	1 9	1 1	0 09	0 0786	0 151
ค่าเฉลี่ย	1 05	1 18	1 6	1 35	1 1	0 09	0 1119	0 1558
กรดแอซิติก : กรดโพรพิโอนิก								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	4 68	4 51	4 57	4 6	5 05	0 1	0 49	0 15 7
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	4 9	4 1	4 38	4 56	4 94	0 3	0 5916	0 0 06
ค่าเฉลี่ย	4 71	4 34	4 58	4 61	4 98	0 0	0 179	0 1075

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0 05)

[1/] L = 1 near, Q = quadrat c

ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0 05) แต่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทน

ข้าวโพดบด 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงแบบเส้นตรง (L: P= 0.0115, 0.0001 และ 0.0009 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในโคทั้ง 5 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้เพียงพอสำหรับการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดย Satter และ Slyter (1974) รายงานว่า อัตราการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์จะสูงสุดเมื่อระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 5-8 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ขณะที่ Hume (1974) รายงานว่า การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์จะสูงสุดเมื่อระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเท่ากับ 9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนี้ Leng และ Nolan (1984) รายงานว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมที่จุลินทรีย์ต้องการ เพื่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์อาจสูงถึง 15-20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533; Erdman *et al*., 1986)

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทีริก กรดบิวทีริก กรดไอโซวาเลอริก กรดวาเลอริก กรดไอโซคาโปรอิก กรดคาโปรอิก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ พบว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P= 0.0085, 0.0041 และ 0.0033 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับสูง กินอาหารข้น และอาหารทั้งหมดได้

ลดลง จึงมีผลต่อกระบวนหมักและการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน ซึ่ง France และ Siddons (1993) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคผันแปรอยู่ในช่วง 70-130 มิลลิโมลต่อลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุย่อยได้ที่โคได้รับ (Ørskov *et al*., 1988) ทั้งนี้ Sutton (1985) รายงานว่า หากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ที่โคได้รับในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 7 และ 8) จึงส่งผลให้กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนลดลง

เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด พบว่า กรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 63.8-66.31 และ 63.1-66.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 63.4-66.65 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร อยู่ในช่วง 13.8-14.17 และ 13.74-15.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 13.51-14.81 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนปริมาณกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่มที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยอยู่ในช่วง 11.7-13.04 เปอร์เซ็นต์ และ 11.11-11.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริกอยู่ในช่วง 11.4-11.68 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า สัดส่วนของกรดแอซิติกและกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยอยู่ในช่วง 4.51-5.05, 4.11-4.94 และ 4.34-4.98 ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของกรดแอซิติก โพรพิโอนิก และบิวทีริก ได้รับอิทธิพลจากชนิดอาหารที่ให้สัตว์กิน โดยหากสัตว์ได้รับอาหารหยาบมากจะมีความเข้มข้นของกรดแอซิติกสูง แต่หากสัตว์ได้รับอาหารข้นมากจะทำให้การผลิตกรดโพรพิออนิกสูงขึ้น และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกจะลดลง (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้บุญล้อม (2541) กล่าวว่า ปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และระยะเวลาหลังการให้อาหาร โดยกรดแอซิติกมีประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด รองลงมาคือ กรดโพรพิโอนิกประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และกรดบิวทีริก

ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายได้ทั้งหมด สอดคล้องกับเมธา (□533) ที่กล่าวว่า กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65-70, □0-□□ และ 10-15 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และมีสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 1-4 ในทำนองเดียวกัน Hungate (1966) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดแอซิ-ติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 6□, □□1และ 16 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นไม่มีผลต่อการผลิตกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน

สำหรับกรดไขมันที่ระเหยง่ายชนิดอื่นๆ ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ พบว่า กรดไอโซบิวทีริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 1□84-□□3 และ 1□67-□04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดไอโซบิวทีริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 1□76-□13 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0□05) กรดไอโซวาเลอริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง □80-4□15 และ □36-3□57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดไอโซวาเลอ-ริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง □60-3□81 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0□05) กรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 1□73-1□95 และ 1□63-1□85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดวาเลอริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 1□68-1□90 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0□05) ส่วนกรดคาโปรอิก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง □80-4□15 และ □36-3□57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดคาโปรอิก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง □60-3□81 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0□05) และกรดไอโซคาโปรอิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0□05) อยู่ในช่วง 0□69-0□88 เปอร์เซ็นต์ แต่กรดไอโซคาโปรอิกที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดไอโซคาโปรอิก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับที่ 50, 75 และ 100 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0□05) จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า กรดไอโซบิวทีริก กรดไอโซวาเลอริก กรดวาเลอริก กรดไอโซคาโปรอิก และกรดคาโปรอิก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค มีปริมาณน้อย ซึ่ง

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า กรดไขมันที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีปริมาณน้อย และบทบาทไม่ชัดเจน

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีจำนวนแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.56-6.55 x 10^{10} และ 1.35-4.70 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรของแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{11} และ 10^{4}-10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับจำนวนโปรโตซัว พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และจำนวนประชากรโปรโตซัวเฉลี่ย ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้จำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดลดลงแบบเส้นตรง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Abdulla และ Hutagalung (1988) ที่รายงานว่า โคเนื้อพันธุ์เคดาห์ กลันตัน (Kedah Kalantan) ที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 89 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนลดลง และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. และ *Entodiniomorphs* spp. พบว่า จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้ง 2 กลุ่ม ที่ 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย มีจำนวนลดลงในรูปแบบเส้นตรงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลในสูตรอาหารลดลง ซึ่งจำนวนประชากรโปรโตซัวต่อมิลลิลิตรของของเหลวในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ของแป้งและน้ำตาล (Jouaney and Ushida, 1999) โดยแป้งในสูตรอาหารจะช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของโปรโตซัว (Jouaney, 1988; Chamberlain *et al*., 1985) อย่างไรก็ตาม จำนวนประชากรโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคในการศึกษาครั้งนี้

มีค่าเฉลี่ยในช่วง 0 81- 68 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่าจำนวนประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 10^4- 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	00		L	Q
แบคทีเรียทั้งหมด (x 0 [0]เซลล์/มิลลิลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	7 00	5 83	6 95	6 48	5 41	1 33	0 5563	0 783
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	6 11	7 11	4 63	5 1	3 71	1 09	0 0707	0 64 9
ค่าเฉลี่ย	6 55	6 47	5 79	5 84	4 56	0 94	0 1417	0 6435
โปรโตซัวทั้งหมด (x 0 [6]เซลล์/มิลลิลิตร)								
กลุ่ม Entodiniomorphs								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1 66[a]	1 78[a]	1 19[ab]	0 74[bc]	0 46[c]	0 19	0 0001	0 3733
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 76[ab]	19[a]	1 10[bc]	0 91[c]	0 67[c]	0 5	0 0005	0 6447
ค่าเฉลี่ย	1 71[ab]	1 99[a]	1 15[bc]	0 83[c]	0 57[c]	0 19	0 0001	0 4453
กลุ่ม Holotrichs								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0 50	0 69	0 60	0 3	0 4	0 13	0 0 90	0 040
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	0 47	0 69	0 33	0 30	0 4	0 1	0 0413	0 6187
ค่าเฉลี่ย	0 49	0 69	0 47	0 7	0 4	0 11	0 0156	0 904
รวม								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	16[a]	47[a]	1 79[a]	0 97[b]	0 70[b]	0	0 0001	0 1341
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	3[ab]	88[a]	1 43[bc]	1 1[c]	0 91[c]	0 31	0 0005	0 57 5
ค่าเฉลี่ย	0[ab]	68[a]	1 61[bc]	1 0 9[d]	0 81[d]	0 3	0 0001	0 704
ซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมด (x 0 [5]เซลล์/มิลลิลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	55	4 95	3 8	3 78	86	1 15	0 88 0	0 3156
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1 94	4 45	1 8	59	60	1 06	0 8736	0 6910
ค่าเฉลี่ย	5	4 70	55	3 19	73	1 08	0 8743	0 46 4

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0 05)

[1/] L = 1near, Q = quadrat c

เมแทบอไลท์ในเลือด

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เวลา 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยว่าสัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541) โดย อุทัยและคณะ (2549) รายงานว่า ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของโคพื้นเมืองอยู่ในช่วง 26.74-34.56 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดลดลงแบบเส้นตรง (L: P=0.006, 0.004 และ 0.0003) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันในระดับสูง กินอาหารข้นและอาหารทั้งหมดได้ลดลง ทำให้ได้รับโปรตีนลดลง ซึ่งความเข้มข้นของ ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ผลิตได้ในกระเพาะรูเมน (Preston *et al*., 1965; Lewis, 1975; Folman *et al*., 1981; Kung and Huber, 1983) เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งเมื่อโปรตีนเกิดการย่อยสลายจะได้แก๊สแอมโมเนียแล้วถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ แก๊สแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและถูกขับออกจากร่างกาย (เมธา, 2533) โดยระดับยูเรียในร่างกายสามารถวัดได้โดยการตรวจหาระดับไนโตรเจนในพลาสม่าหรือซีรั่ม เพื่อใช้บ่งชี้ระดับไนโตรเจนในเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (Nolan *et al.*, 1970 ; Egan and Kellaway, 1971) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงค่าปกติของสัตว์โตเต็มวัย คือ 6-27 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Swenson, 1977)

สำหรับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดย

ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดก่อนให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 59.40-6[illegible]3[illegible] มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 58.94-61.76 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่ง Fahey และ Berger (1988) รายงานว่า กลูโคสในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องสร้างมาจากกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซีส (gluconeogenesis) ประมาณ [illegible]7-54 เปอร์เซ็นต์ โดยความเข้มข้นปกติของกลูโคสในกระแสเลือดโคที่โตเต็มที่มีค่าเฉลี่ย 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนั้น Kaneko (1980) รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคที่บ่งบอกความสมดุลของพลังงานในร่างกายอยู่ในช่วง 45-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารไม่กระทบต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ของพลังงานในตัวสัตว์

ตารางที่ [illegible]2 ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	[illegible]00		L	Q
ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	3[illegible]0	3[illegible]00	33.40	3[illegible]60	33.80	1[illegible]0	0.3315	0.8954
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	3[illegible]0	3[illegible]0	33.80	31.40	33.00	0.97	0.7977	0.8[illegible]84
ค่าเฉลี่ย	3[illegible]0	3[illegible]10	33.60	3[illegible]00	33.40	1.04	0.4949	0.9798
ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	15.6[a]	14.73[a]	13.88[a]	10.05[b]	9.94[b]	1.18	0.0006	0.7539
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	15.[illegible]5[a]	14.6[ab]	13.36[abc]	11.06[bc]	10.07[c]	1[illegible]	0.00[illegible]4	0.703[illegible]
ค่าเฉลี่ย	15.43[a]	14.68[a]	13.6[ab]	10.56[bc]	10.01[c]	1.0[illegible]	0.0003	0.6836
กลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	6[illegible]3[illegible]	60.74	61.9[illegible]	61.96	59.40	[illegible]05	0.4874	0.69[illegible]
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	61.54	60.36	58.94	61.76	61.[illegible]6	1.48	0.8[illegible]60[illegible]	0.3[illegible]8[illegible]
ค่าเฉลี่ย	61.93	60.55	60.43	61.86	60.33	1.39	0.67[illegible]6	0.81[illegible]9

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1/] L = linear, Q = quadratic

การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะและปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่า ปริมาณอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ ปริมาณอนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ของโคทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P= 0.000) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารสูงขึ้น ซึ่งโอภาส และทองสุข (2547) รายงานว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของสัตว์ ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคกลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 8) จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 2 กลุ่มนี้สูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 48.74-66.80 กรัมต่อวัน และ 1.63-7.49 กรัมต่อกิโลกรัมอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 3 การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ

พารามิเตอร์	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	00		L	Q
อนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน)	104 98	95 88	99 98	100 61	84 06	11 36	0 3167	0 6711
อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้[3] (มิลลิโมล/วัน)	91 89	81 1	85 8	86 64	67 04	13 47	0 3151	0 6749
ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน[4] (กิโลกรัม/วัน)	3 00[a]	86[a]	59[ab]	18[bc]	0[c]	0 18	0 000	0 7638
ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ กรัมไนโตรเจน/วัน[5]	66 80	58 97	6 39	6 99	48 74	9 73	0 3151	0 6748
กรัมไนโตรเจน/กิโลกรัมของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน[6]	38	1 63	4 1	7 49	3 81	4 6	0 5 59	0 758

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0 05)

[1/] L = 1 near, Q = quadrat c

(อะแลนโตอิน + กรดยูริก (มิลลิโมล/ลิตร) x ปริมาตรปัสสาวะ (ลิตร/วัน)

[3] (อนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะของโค (มิลลิโมล/วัน)/0 85) – (0 385 x น้ำหนักเมแทบอลิก)

[4] ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/วัน) x 0 65

[5] อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน) x 0 7 7

[6] ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัม/วัน)/ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (กิโลกรัม/วัน)

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหยาบ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ปริมาณอาหารที่โคกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ต่ำกว่าโคที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจน

2. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของเหลวในกระเพาะรูเมน ปริมาณของกรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน แตกต่างกัน แต่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้งหมดในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ต่ำกว่าโคที่อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นที่ระดับ 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเสริมให้แก่โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง โดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง ดังนั้นเพื่อให้มีข้อมูลที่ชัดเจนและใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นสำหรับโคพื้นเมือง จึงควรมีการศึกษาประเด็นต่างๆ เพิ่มเติม ดังนี้

1. ควรมีการศึกษาอัตราการย่อยสลาย และรูปแบบการหมักของอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในกระเพาะรูเมน เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการอธิบายการย่อยได้ปรากฏของโภชนะในตัวสัตว์
2. ควรมีการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ลักษณะและคุณภาพซาก รวมทั้งต้นทุน และผลตอบแทนของการเลี้ยงโค โดยการใช้อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด

เอกสารอ้างอิง

กระจ่าง วิสุทธารมณ์, อรทัย ไตรวุฒานนท์ และสหชัย ชัยชุลี. 2537. การใช้กากเนื้อในเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเป็ดไข่. ว. สนง. กก. วิจัย ช. 26: 25-39.

กรมปศุสัตว์. 2538. คำแนะนำของการเลี้ยงโคเนื้อสำหรับเกษตรกรรายย่อย. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2542. การอนุรักษ์และพัฒนาสัตว์พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ขวัญชนก รัตนะ. 2552. ผลของระดับเยื่อใยลำต้นสาคูในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน สมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากของแพะพื้นเมืองไทยเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จรัญ จันทลักขณา. 2515. การผลิตโคเนื้อ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค-กระบือ. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. หน้า 383-395. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, ณัฐวุฒิ บุรินทราภิบาล และเฉลียว ศรีชู. 2543ก. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโคเนื้อ. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543. หน้า 99-108. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, วัชระ ศิริกุล และอุดมศรี อินทรโชติ. 2543ข. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารข้นสำหรับโคเนื้อ. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543. หน้า 89-98. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, ณัฐวุฒิ บุรินทราภิบาล และเฉลียว ศรีชู. 2544. ผลการใช้หญ้าสกุล *Pasmalum* เป็นอาหารหยาบหลักเลี้ยงโคเนื้อ. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544 หน้า 177-185. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและการวิเคราะห์. ขอนแก่น : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. 2529. ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันชนิดกะเทาะเปลือกในอาหารสุกรรุ่น-ขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี, กฤตพล สมมาตย์, เทวินทร์ วงษ์พระลับ และวิโรจน์ ภัทรจินดา. 2548. การประเมินค่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยเทคนิคถุงไนล่อน และเทคนิคเอนไซม์ในวัตถุดิบอาหารข้นเขตร้อน. แก่นเกษตร 33: 259-268.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2540. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. สงขลา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิวัต เมืองแก้ว. 2531. ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2538. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนาศาสตร์และการประยุกต์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. คัมภีร์ปาล์มน้ำมัน พืชเศรษฐกิจเพื่อบริโภคและอุปโภค. กรุงเทพฯ : มติชน.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

เมธา วรรณพัฒน์, วงค์ประสิทธิ์ จันทคูณ, อนุสรณ์ เชิดทอง และพิชาด เขจรศาสตร์. 2552. การเปรียบเทียบนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนระหว่างกระบือปลักและโคเนื้อ. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2552 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 28-29 มกราคม 2552. หน้า 115-118.

ลินดา ดำคง. 2551. ผลการใช้เยื่อในลำต้นสาคูเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองภาคใต้ที่ได้รับหญ้าแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล และสมเกียรติ ทองรักษ์. 2532. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเสริมด้วยกรดอะมิโนสังเคราะห์แทนรำข้าวในอาหารสุกรระยะเจริญเติบโต (20-60 กิโลกรัม). ว. สงขลานครินทร์ 11: 29-36.

วรรณะ ม้าเฉี่ยว. 2536. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร-มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ศรีจันทร์. 2544. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันชนิดหีบและใช้สารเคมีสกัดเป็นอาหารโคเนื้อ. ว. สัตวบาล 12: 35-41.

สมบัติ ศรีจันทร์ และสมคิด ชัยเพชร. 2545. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันชนิดอัดน้ำมันเป็นอาหารโคเนื้อในระยะต้นและระยะปลายของการขุน. รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 19 ณ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลปทุมธานี 22-27 มกราคม 2545. หน้า 161-170.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุชาติ สุขสถิตย์. 2553. ผลของเปลือกสัปปะรดต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และคุณภาพของโคพื้นเมืองภาคใต้ขุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัญญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุมาลี เพ็ชรขันธ์. 2551. คุณค่าทางอาหารของเยื่อในลำต้นสาคูและผลพลอยได้จากสาคูและการใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุทิสา แต้มจันทร์. 2548. ปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นระดับต่างๆ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรชัย มัจฉาชีพ. 2535. พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย. ชลบุรี : คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

สำนักงานพาณิชย์. 2550. เกษตรกรทางเลือกปาล์มพืชพลังงานบนดิน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.pcoc.moc.go.th/pcocsys/view. [15 กรกฎาคม 2551].

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร. 2548. พืชเศรษฐกิจ ปาล์มน้ำมันภาคใต้. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://sdoae.doae.go.th/palm.php. [เข้าถึงเมื่อ 19 สิงหาคม 2551].

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/main.php?filename=agri_production. [เข้าถึงเมื่อ 26 ธันวาคม 2553].

อนันต์ วิชชุรังษี. 2550. ผลของระดับอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนของแม่โคพื้นเมืองภาคใต้ช่วงการตั้งท้องระยะกลาง. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 29: 1499-1509.

อุทัย โคตรดก, สุภร กตเวทิน, สุจินต์ สิมารักษ์, มนต์ชัย ดวงจินดา และยุพิน ผาสุข. 2549. การศึกษาเปรียบเทียบกลไกทางสรีรวิทยาเกี่ยวข้องกับการทนร้อนระหว่างโคเขตร้อนและเขตหนาว. แก่นเกษตร. 34: 347-354.

โอภาส พิมพา และทองสุข เจตนา. 2547. การประเมินจุลินทรีย์โปรตีนโดยใช้สารอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิษณุโลก: โฟกัสมาสเตอร์พรินต์.

Abdulrazak, S. A. and Fujihara, T. 1999. Animal Nutrition : A Laboratory Manual. Matsue : Kashiwagi Printing Co.

Abdullah, N., Mahyuddin, M. and Jalaludin, S. 1986. Effect of sex, species and diets of large ruminant on urease activity of both rumen fluid and epithelial bacteria. Buffalo 2: 47-55.

Abdullah, N. and Hutagalung, R. I. 1988. Rumen fermentation, urease activity and performance of cattle given palm kernel cake based diet. Anim. Feed Sci. Technol. 20: 79-86.

Ahmad, M. B. 1986. Palm kernel cake as a new feed for cattle. Asian Livestock 11: 49.

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83: 1598-1624.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (14th ed.). Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists.

Anonymous. 2007a. Crude Palm Oil. (online). Available at : http://www.alibaba.com/catalog/12009082/Crude_Palm_Oil.html. [accessed on 15 July 2008].

Anonymous. 2007b. OBM Merchandise Product. (online). Available at : http://obmng.com/product.html [accessed on 15 July 2008].

ARC. 1990. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Suppl. No. 1. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux.

Bremner, J. M. and Keeney, D. R. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate. Anal. Chem. Acta. 32: 485-493.

Carvalho, L. P. F., Melo, D. S. M., Pereira, C. R. M., Rodrigues, M. A. M., Cabrita, A. R. J. and Fonseca, A. J. M. 2005. Chemical composition, in vivo digestibility, N degradability and enzymatic intestinal digestibility of five protein supplements. Anim. Feed Sci. Technol. 119: 171-178.

Carvalho, L. P. F., Cabrita, A. R. J., Dewhurst R. J. and Vicente, T. E. J. 2006. Evaluation of palm kernel meal and corn distillers grains in corn silage-based diets for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 89: 2705–2715.

Chamberlain, D. G., Thomas, P. C. Wilson, W., Newbold, C. J. and MacDonald, C. J. 1985. The effects of protein and carbohydrate supplements on ruminal concentrations of ammonia in animals given diets of grass silage. J. Agric. Sci. (Camb.). 104 : 331-340.

Chanjula, P., Wanapat, M., Wachirapakorn, C, Uriyapongson, S. And Rowlinson, P. 2003. Ruminal degradability of tropical feeds and their potential use in ruminant diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16: 211-216.

Chen, X. B., Kyle, D. J. and Orskov, E. R. 1993. Measurement of allantoin in urine and plasma by high-performance liquid chromatography with pre-column derivatization. J. Chromatogr. 617: 241-247.

Chen, X. B. and Gomes, M. J. 1995. Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives – An Overview of the Technical Details. Aberdeen: International Feed Resource Unit, Rowett Research Institute.

Church, D.C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminant. Vol. 1 Corvallis: O&B Books Inc.

Church, D.C. 1991. Livestock Feed and Feeding. The 3rd ed. New Jersey : Printice-Hall, Inc.

Egan, A. R. and Kellaway, R. C. 1971. Evaluation of nitrogen metabolites as indices of nitrogen utilization in sheep given frozen and dry mature herbages. Br. J. Nutr. 26 : 335-351.

Erdman, R. A., Proctor, G. H. and Vandersall, J. H. 1986. Effect of rumen ammonia concentration on in situ rate and extent of digestion of feedstuffs. J. Dairy Sci. 69: 2312-2320.

Fahey, G. C. and Berger, L. L. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. *In* The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. (ed. D. C. Church). Englewood Cliffs: Prentice Hall. pp. 269-298.

Folman, Y., Neumark, H., Kain, M. and Kaufmaun, W. 1981. Performance, rumen and blood metabolites in high-yielding cows fed varying protein percents and protected soybean. J. Dairy Sci. 64: 759-768.

France, J. and Siddons, R.C. 1993. Volatile fatty acid production. *In* Quantilitive Aspects Ruminant Digestion and Metabolisim. (eds. J.M. Forbes and J. Frace). Willingford : C.A.B. International. pp. 107-121.

Galyean, M. 1989. Laboratory Procedure in Animal Nutrition Research. New Mexico: Department of Animal and Life Science, New Mexico State University.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agricultural Handbook No. 397. Washington, D. C.: USDA.

Gonda, H. L., Emanuelson, M. and Murphy, M. 1996. The effect of roughage to concentrate ration in the diet on nitrogen and purine metabolism in dairy cow. Anim. Feed Sci. Tech. 64: 27-42.

Grant, R. J. and Mertens, D. R. 1992. Influence of buffer, pH and raw starch addition on in vitro fiber digestion kinetics. J. Dairy Sci. 75: 2762-2768.

Hart, F. J. and Wanapat, M. 1992. Physiology of digestion of urea-treated rice straw in swam buffalo. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 5: 617-622.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbes. (ed. R. E. Hungate) : Academic Press. New York.

Hume, I. D. 1974. The propotions of dietary protein escaping degradation in the rumen of sheep fed on various protein concentrates. Aust. J. Agri. Res. 25 : 155-165.

IAEA. 1997. Estimation of the Rumen Microbial Protein Production from Purine Derivatives in Urine. Vienna: Animal Production and Health Section.

Jalaludin, S. 1994. Feeding system base on oil palm by-product. Proceeding of the 7th AAAP, 11-16 July 1994, Bali, Indonesia, pp. 77-86.

Jouaney, J. P. 1988. Effect of diets on populations of rumen protozoa in relation to fiber digestion. *In* The Roles of Protozoa and Fungi in Ruminal Digestion (eds J.V. Nolan, R. A. Leng and D. I. Demerger, eds). Armidale : Penambul Books. pp. 59-74.

Jouaney, J. P. and Ushida, K. 1999. The role of protozoa in feed digestion. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 12 : 113-126.

Josefa, M., Dolores, M. M. and Fuensanta, H. 1999. Determination short chain volatile fatty acid in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. J. Sci. Food Agric. 79: 580-589.

Jelan, Z. A., Jalaludin, S. and Vijchulata, P. 1986. Final RCM on isotope-aided studies on non protein nitrogen and agro-industrial by-products utilization by ruminants. Vienna: IAEA.

Kaneko, J. J. 1980. Appendexes. *In* Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 3rd ed. (ed. J. J. Kaneko). New York : Academic Press. pp. 877-901.

Kawashima, T., Sumamal, W., Pholsen, P., Chaithiang, R., Boonpakdee, W. and Terada, F. 2000. Energy and nitrogen metabolisms of Thai native cattle given ruzi grass hay with different levels of soybean meal. *In* Improvement of Cattle Production with Locally Available Feed Resources in Northeast Thailand (ed. T. Kawashima) JIRCAS and DLD. pp. 147-155.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirements of Ruminants in Developing Countries. Logan: The International Feedstuffs Institute, Utah State University.

Kopency, J. and Wallace, R. J. 1982. Cellular location and some properties of proteolytic enzymes of rumen bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 43: 1026-1033.

Kung, L. Jr. and Huber, J. T. 1983. Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources and degradability. J. Dairy Sci. 66: 227-234.

Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. J. Agric. Sci. (Camb.) 48: 438-446.

Leng, R. A. and Nolan, J. V. 1984. Symposium : protein nutrition of the lactating dairy cow ; nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 67 : 1072-1089.

Miyashige, T., Hassan, O. A., Jaafar, D. M. and Wong, H. K. 1987. Digestibility and nutritive value of PKC, POME, PPF and rice straw by Kedah-kelantan bulls. Proceeding of the 10th Annual Conference of MSAP, 2-4 April 1987, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 226-229.

Nolan, J. V., Cocimano, M. R. and Leng, R. A. 1970. Prediction of parameters of urea metabolism in sheep from the concentration of urea in plasma. Proc. Australian. Soc. Anim. Prod. 8 : 22.

NRC. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Washington, D. C.: National Academy Press.

NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy cattle. 7th ed. Washington, D. C.: National Academy Press.

O'Mara, F. P., Mulligan, F. J., Cronin, E. J., Rath, M. and Caffrey P. J. 1999. The nutritive value of palm kernel meal measured in vivo and using rumen fluid and enzymatic techniques. Livestock Prod. Sci. 60: 305–316.

Ørskov, E. R., Reid, G. W. and Kay, M. 1988. Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughage. Anim. Prod. 46: 29-34.

Perdok, H. B. and Leng, R. A. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 3 : 269-279.

Preston, T. R. and Leng, R. A. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-Tropics. Armidale: Penambul Books.

Preston, R. L., Schnakanberg, D. D. and Pander, W. H. 1965. Protein utilization in ruminant. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. J. Nutri. 86 : 281-287.

Satter, R. D. and Slyter, R. R. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 22 : 199.

Schneider, B. H. and Flatt, W. P. 1975. The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments. Georgia: The University of Georgia Press.

Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1981. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. (2nd ed.). New York : McGraw Hill Book CO.

Suparjo, N. M. and Rahman, M. Y. 1987. Digestibility of palm kernel cake, palm oil meal effluent and quinea grass by sheep. Proceeding of the 10th Annual Conference of MSAP, 2-4 April 1987, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 230-234.

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cows. J. Dairy Sci. 68: 3376-3393.

Swenson, M. J. 1977. Physiologycal properties and cellular and chemical constituents of blood. *In* Dukes' Physiology of Domestic Animal. 9th ed. (ed. M. J. Swenson). New York; Cornell University Press. pp. 14-15.

Van Soest, P. J. 1994. Nutrition Ecology of the Ruminant. 2nd ed. New York : Cornell University Press.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583.

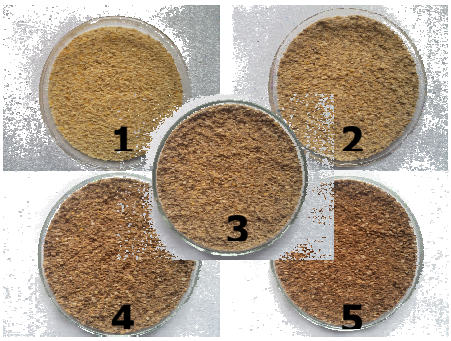
Wong, H. K., Hassan, O. A., Shibata, M. and Alsmi, S. Z. 1987. Ruminal volatile fatty acids production and rumen degradability of oil palm by-products in cattle fed molasses and oil palm by-product based rations. In Ruminant Feeding Systems Utilizing Fibrous Agricultural Residues-1987. (R. M. Dixon, ed.), pp. 171-177. Canberra : International Development Program of Australian Universities and Colleges Limited.

Yeong, S.W. 1981. Biological Utilization of Palm Oil By-products by Chickens. Ph. D. Dissertation. University of Malaya.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาพประกอบ



ภาพภาคผนวกที่ 1 อาหารทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 2 สัตว์ทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 3 รางอาหาร และอุปกรณ์ให้น้ำ

ภาพภาคผนวกที่ 4 คอกขังเดี่ยว

ภาพภาคผนวกที่ 5 การชั่งน้ำหนักโคทดลอง

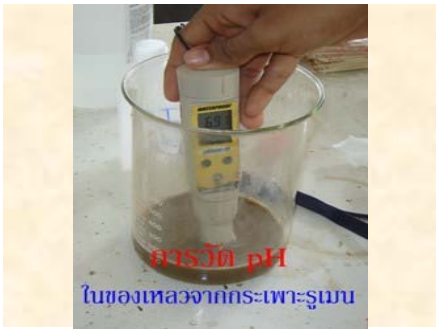
ภาพภาคผนวกที่ 6 การเก็บปัสสาวะโคทดลอง

ภาพภาคผนวกที่ 7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บมูล

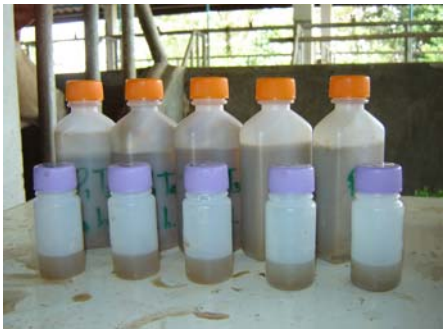
ภาพภาคผนวกที่ 8 การเก็บตัวอย่างเลือด

ภาพภาคผนวกที่ 9 การวัดอุณหภูมิในกระเพาะรูเมน

ภาพภาคผนวกที่ 10 การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน



ภาพภาคผนวกที่ 11 การวัดความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมน



ภาพภาคผนวกที่ 12 ภาชนะเก็บของเหลวในกระเพาะรูเมน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายอนันตเดช แย้มหอม

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5110620033

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตสัตว์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

อนันตเดช แย้มหอม, วันวิศาข์ งามผ่องใส และปิ่น จันจุฬา. 2553. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการย่อยได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง. การประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 11 ประจำปี 2553 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2553 หน้า 150-153.