รายงานการวิจัย

เรื่อง

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบด ในอาหารโคพื้นเมืองภาคใต้

The Use of Palm Kernel Cake as Energy Source Substitution for Ground Corn in Southern Indigenous Cattle Diet

คณะผู้วิจัย

รศ.ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส [1/]

รศ.ดร. ปิ่น จันจุฬา [1/]

นาย อภิชาติ หล่อเพชร [2/]

[1/] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2/] ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2552

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2552 สำหรับโครงการวิจัย เรื่อง การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคพื้นเมืองภาคใต้ และขอขอบคุณหัวหน้าสถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และบุคลากรทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์สัตว์ทดลอง สถานที่ทดลอง และให้ความช่วยเหลือในระหว่างการวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และบุคลากรทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือรวมทั้งอำนวยความสะดวกในการทำงานทุกด้าน

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคพื้นเมืองภาคใต้ ใช้โคเพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 317±21 กก. จำนวน 5 ตัว ให้ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวางแผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ พบว่า ปริมาณอาหารหยาบที่โคกินได้เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ในขณะที่ปริมาณอาหารข้น และปริมาณอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) ที่โคกินได้ลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้ใกล้เคียงกัน (P>0.05) และสูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม โภชนะที่ย่อยได้รวม และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณอินทรียวัตถุย่อยได้ที่ได้รับ ปริมาณโปรตีนย่อยได้ที่ได้รับ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้งหมดในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่สมดุลไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนแบคทีเรียและซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ของโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 5 สูตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นได้ 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเสริมให้แก่โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง โดยไม่ทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนด้อยลง

Abstract

This study aimed to investigate the use of palm kernel cake (PKC) as energy source substitution for ground corn (GC) in southern indigenous cattle diet. Five rumen-fistulated bulls, with average live weight 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. Plicatulum hay was offered *ad libitum*. Based on this experiment, the amount of roughage intake was linearly increased while the amount of concentrate intake and total dry matter (DM) intake were linearly decreased as a result from an increase in level of PKC substitution for GC in the diet. Cattle fed with concentrate containing 0, 25 and 50% PKC substitution for GC had similar concentrate intake (P>0.05) and the values were higher than those of cattle fed with concentrate containing 50, 75 and 100% PKC substitution for GC. Digestibility coefficient of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), total digestible nutrient (TDN) and metabolizable energy (ME) of cattle fed with concentrate containing 0, 25 and 50% PKC substitution for GC were also similar (P>0.05), while in the cattle fed with concentrate containing 50, 75 and 100% PKC substitution for GC there was a lower DM digestibility, digestible OM intake, digestible CP intake and ME than in those which had 0% PKC substitution for GC (P<0.05). Furthermore, NH_3-N concentration, total volatile fatty acid and total protozoa population in rumen fluid of cattle fed with concentrate containing 100% PKC substitution for GC were higher than those of 0% PKC substitution for GC group (P<0.05). However, there were no significant differences (P>0.05) among treatments regarding nitrogen (N) balance; ruminal fluid pH, the amount of acetic, propionic and butyric acid in rumen fluid, bacterial population and fungal zoospores in rumen fluid; and blood glucose (P>0.05). Furthermore, the amount of ruminal microbial N supply and the efficiency of microbial N supply in the rumen were not significantly different among treatments. In conclusion, the level of PKC substitution for GC in concentrate for indigenous cattle fed with plicatulum hay should be optimized at 50%. This level had no adverse effects on nutrient utilization, rumen fermentation process and rumen ecology.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
สารบัญเรื่อง	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย	ฌ
บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
วิธีดำเนินการวิจัย	12
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล	20
สรุปและข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	8
2	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารข้น (คิดเป็นวัตถุแห้ง) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	13
3	แผนผังการทดลอง	15
4	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคททูลั่ม-แห้ง และอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	21
5	ปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	23
6	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และปริมาณโภชนะย่อยได้ของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อ-ในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	25
7	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อ-ในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	27
8	อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้า-พลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	32
9	เมแทบอไลท์ในเลือดโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	34
10	จำนวนประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	35

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
11	การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ	37

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน	4
2	ปริมาณของผลผลิตและผลพลอยได้จากการสกัดปาล์มน้ำมัน	6
3	ระยะการทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง	15

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย

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)
C_2	acetic acid	(กรดแอซิติก)
C_3	propionic acid	(กรดโพรพิโอนิก)
C_4	butyric acid	(กรดบิวทีริก)
Ca	calcium	(แคลเซียม)
CP	crude protein	(โปรตีนรวม)
CF	crude fiber	(เยื่อใยรวม)
DM	dry matter	(วัตถุแห้ง)
DOM	digestible organic matter	(ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้)
DOMR	digestible organic matter in the rumen	(ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน)
EE	ether extract	(ไขมันรวม)
GC	ground corn	(ข้าวโพดบด)
GE	gross energy	(พลังงานรวม)
ME	metabolizable energy	(พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้)
N	nitrogen	(ไนโตรเจน)
NH_3-N	ammonia-nitrogen	(แอมโมเนีย-ไนโตรเจน)
NFE	nitrogen free extract	(ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NSC	non structural carbohydrate	(คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
NDF	neutral detergent fiber	(ผนังเซลล์)
OM	organic matter	(อินทรียวัตถุ)
P	phosphorus	(ฟอสฟอรัส)
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)

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม แพะและแกะให้ประสบความสำเร็จ สัตว์จำเป็นต้องได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นอย่างถูกต้องทั้งปริมาณและคุณภาพ ตรงกับความต้องการและศักยภาพการผลิตของสัตว์ ซึ่งคุณภาพและปริมาณของอาหารสัตว์ มีผลโดยตรงต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะในการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของสัตว์ (เมธา และฉลอง, 2533) แต่เนื่องจากภาคใต้เป็นพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ ยางพาราและปาล์มน้ำมัน จึงทำให้มีข้อจำกัดสำหรับพื้นที่ทำแปลงหญ้าเลี้ยงสัตว์ (พานิช, 2535) อีกทั้งปัญหาการไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแปลงหญ้าได้อย่างเต็มที่ในช่วงหน้าฝน และการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ในช่วงหน้าแล้ง ย่อมส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องในภาคใต้ ดังนั้น การนำวัตถุดิบที่มีในพื้นที่ภาคใต้ รวมทั้งผลพลอยได้ทางการเกษตรในพื้นที่ที่เหลือทิ้งหรือมีราคาถูก มาพัฒนาเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องทดแทนหญ้าและถั่ว หรือใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานและแหล่งโปรตีนในอาหารข้น เพื่อเสริมร่วมกับอาหารหยาบในสภาวะที่สัตว์ได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำหรือในระยะที่สัตว์ให้ผลผลิต จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้สัตว์ให้ผลผลิตได้ตามศักยภาพ อีกทั้งยังทำให้การผลิตสัตว์มีต้นทุนต่ำลง

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย และปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศ ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายตัวอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศ ประมาณ 1,844,266 ไร่ และในปี พ.ศ. 2551 พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศรวมทั้งสิ้น 3,246,130 ไร่ โดย 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดอยู่ในเขตภาคใต้ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมาก คือ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 965,809 ไร่ รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 915,255 ไร่ และจังหวัดอื่น ๆ เช่น ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ โดยในแต่ละปีจะได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่า 9,264,655 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ดังนั้นปัจจุบันผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมันปาล์มจึงมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดผลปาล์มน้ำมัน เช่น กากปาล์มน้ำมัน (oil palm meal) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal หรือ palm kernel cake) เป็นต้น มีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีนและพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (พันทิพา, 2538)

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการแยกน้ำมันปาล์มออกจากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันจัดเป็นผลพลอยได้ที่มีโปรตีนรวมปานกลางและเยื่อใยสูง จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (พานิช, 2535) ในกระบวนการแยกน้ำมันออกจากเนื้อในเมล็ดปาล์มจะได้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ (Devendra, 1977 อ้างโดย สุมิตรา, 2543) อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาออกไปได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้จึงมีกะลาปนอยู่ ทำให้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้มีโปรตีนรวมค่อนข้างต่ำและเยื่อใยสูง (จารุรัตน์, 2528) นอกจากนั้น

องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะแตกต่างกันไปตามชนิดของปาล์มน้ำมันและวิธีในการแยกน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งมี 2 วิธี คือ การแยกน้ำมันด้วยเกลียวอัด (screw press) และการสกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี (solvent extraction) แต่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด (นิวัติ, 2531) โดยมีโปรตีนรวมประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 60-66 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 40-44 เปอร์เซ็นต์ (ทวีศักดิ์, 2529; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547) และจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องพบว่า 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) ดังนั้นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันจึงสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบหลักในอาหารข้น หรืออาจใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นในอาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทดแทนแหล่งพลังงานหรือแหล่งโปรตีนที่มีราคาสูง และไม่สามารถผลิตได้เองในพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้จึงได้นำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นทดแทนข้าวโพดบดที่มีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเสริมให้กับโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบ ซึ่งเป็นการใช้วัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและสมดุลไนโตรเจนในโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษากระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้งร่วมกับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองเพศผู้ที่ได้รับหญ้าแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100%

ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันออกจากเนื้อในเมล็ด ที่มีเยื่อใยสูงและมีโปรตีนปานกลาง จึงสามารถใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงาน/ แหล่งโปรตีนในอาหารข้น เพื่อใช้เสริมร่วมกับอาหารหยาบในสภาวะที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ หรือในสภาวะที่สัตว์อยู่ในระหว่างให้ผลผลิต อย่างไรก็ตาม การนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

จำเป็นต้องทราบระดับที่เหมาะสม ที่จะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยหากสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ หรือใช้ทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาสูง โดยเฉพาะวัตถุดิบที่ไม่สามารถผลิตได้เองในภาคใต้ จะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลง ซึ่งเป็นผลดีต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

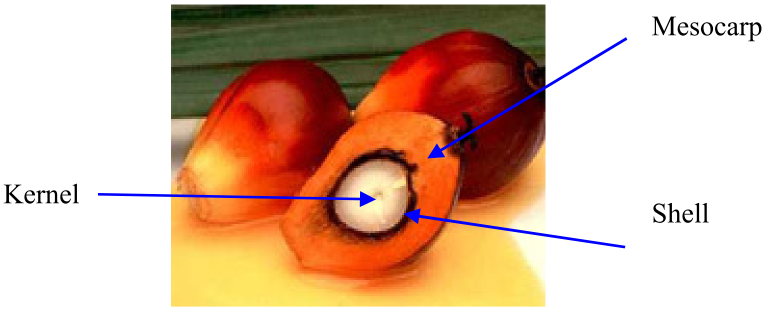
ทำให้ทราบระดับที่เหมาะสมของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้น ซึ่งส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองมีประสิทธิภาพสูงสุด และสามารถนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมในท้องถิ่นมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคพื้นเมืองในภาคใต้ได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ปาล์มน้ำมันมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis guineensis* Jacq. อยู่ในตระกูล Palmae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ยืนต้นเดี่ยวไม่แตกกิ่งแขนง มีใบ เป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ก้านใบใหญ่และยาวเป็นกาบหุ้มลำต้น มีลักษณะคล้ายใบมะพร้าว ออกดอกเป็นช่อ เป็นจั่นแยกสาขาเป็นทลาย ช่อตัวผู้กับตัวเมียแยกกันตามลำดับ บนซอกของทางใบ เป็นพืชผสมข้ามพันธุ์ ผลเป็นรูปไข่ขนาดเล็ก ยาว 2-5 เซนติเมตร เมื่อผลสุกจะมีสีแดง-อมม่วง ในแต่ละช่อจะติดผล 50-100 ผลต่อทลายในต้นที่อายุน้อย ส่วนต้นที่อายุมากจะติดผล 3,000 ผลต่อทลาย (สุรชัย, 2535) เจริญได้ดีในเขตร้อนชื้น สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน ควรเป็นพื้นที่ราบมีความลาดชันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำไม่ขัง อากาศถ่ายเทสะดวก อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส (ธีระ และคณะ, 2548)

ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 1) มีชั้นนอกสุดที่เป็นผิวเปลือก (exocarp) มีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ใช้ในประเทศไทยมีชั้นของผิวนอกเป็นสีแดง ซึ่งเป็นการพัฒนาจากสีดำเรื่อยมา ชั้นถัดไปเป็นชั้นที่เรียกว่าชั้น mesocarp เป็นชั้นที่มีน้ำมันและไฟเบอร์เป็นองค์ประกอบ 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. ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน

ที่มา : สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร (2548)

ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม มีผลผลิตและวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย

1. น้ำมันปาล์ม (palm oil, PO) คือ ตัวน้ำมันปาล์ม เป็นผลผลิตโดยตรงซึ่งมี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ได้จากเปลือกผลปาล์ม เรียกว่า palm oil มีสีเข้มและมีความหนืดตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงหนืดมาก

และชนิดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เรียกว่า palm kernel oil มีสีจางกว่าชนิดแรก อาจมีสีเหลืองจนเหลืองอมน้ำตาลและมีความหนืดระดับปานกลาง

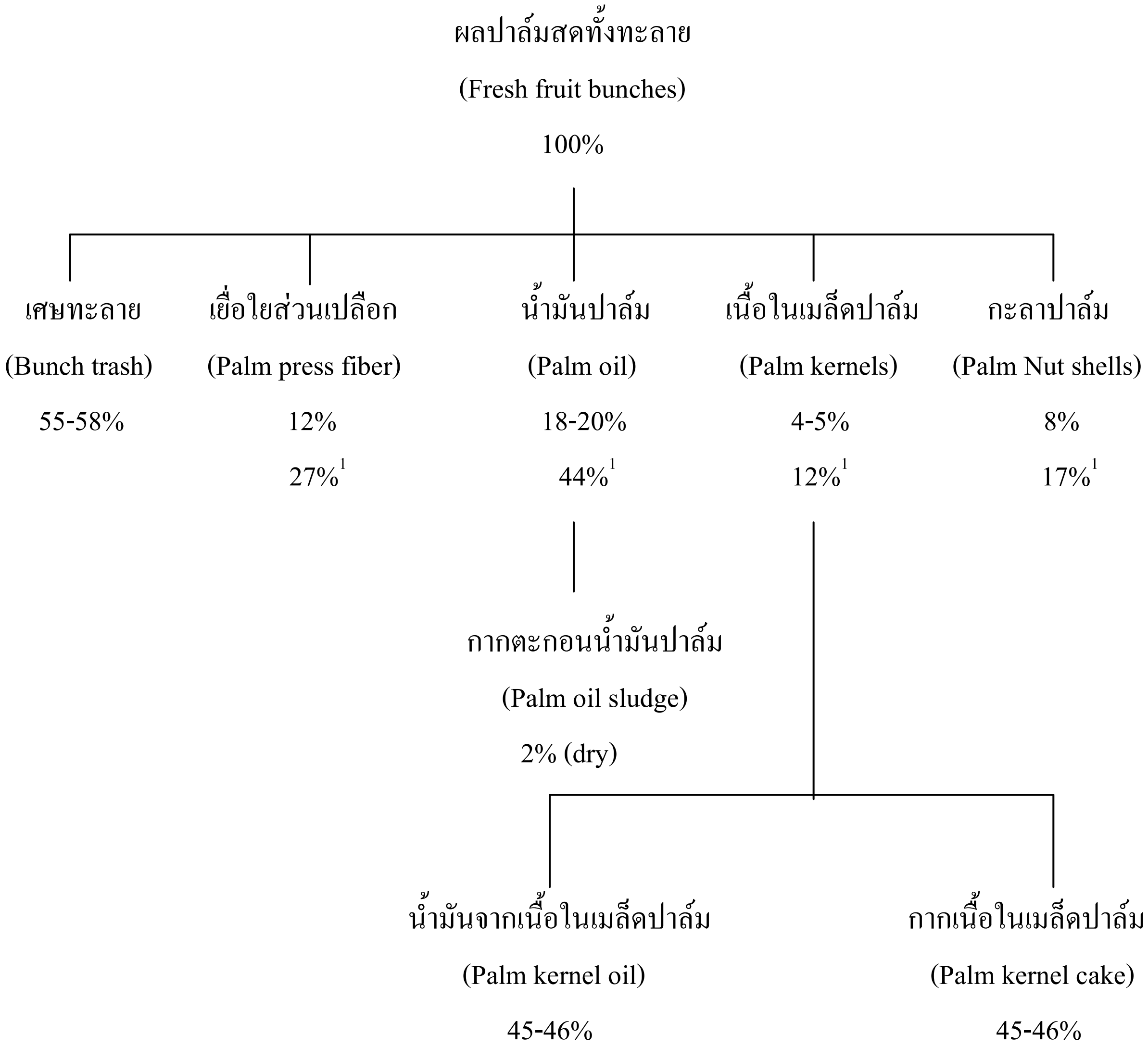
2. กากตะกอนน้ำมันปาล์ม (palm oil sludge, POS หรือ palm oil meal effluent, POME) เป็นของเหลือที่เป็นของเหลวมีประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (เมื่ออยู่ในสภาพที่แห้ง)

3. เยื่อใยส่วนเปลือก (palm press fibre, PPF และ palm empty fruit bunch, PEFB) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้วของปาล์มทั้งทลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน มีประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์

4. เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel) มีปริมาณน้อยสุดเมื่อเทียบกับผลพลอยได้อื่น คือ มีเพียง 4-5 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งทลาย เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือกและกะลาออกแล้ว 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 2. ปริมาณของผลผลิตและผลพลอยได้จากการสกัดปาล์มน้ำมัน

[1] เปอร์เซ็นต์ในส่วนประกอบของผลปาล์มทั้งหมด

ที่มา : Devendra (1977) อ้างโดย สุมิตรา (2543)

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

1. น้ำมันปาล์ม ซึ่งใช้เป็นแหล่งไขมันในอาหารสัตว์

2. กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน คือ กากปาล์มกะเทาะเปลือกหรือกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม เป็นส่วนกากที่มีแต่เนื้อในล้วนๆ ไม่มีเปลือกกะลาหรือเปลือกทะลายติดอยู่เลยคุณภาพจึงสูง ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดีทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาออกได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้จึงมีกะลาปนอยู่ ซึ่งกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ได้จากการแยกน้ำมันมาจากเนื้อในเมล็ดปาล์มมีประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มสดทั้งทลายหรือ 2.95 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งผล ลักษณะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มจะแห้งเป็นผง (คล้าย ๆ

ทราย) ไม่ค่อยกระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ สามารถใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าสัตว์-กระเพาะเดี่ยวเนื่องจากเยื่อใยสูง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนี้มีกรดแอมิโนที่จำเป็นต่ำกว่ากากถั่ว-เหลืองมาก

3. กากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นของเหลวที่มีส่วนของตะกอนภายหลังจากแยกเอาส่วนของน้ำมัน-ปาล์มออกไปแล้ว กากนี้เมื่อทำให้แห้งจะมีความแปรปรวน เนื่องจากกากมีไขมันประกอบอยู่สูง สัตว์-เคี้ยวเอื้องจึงใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนไก่และสุกรก็ใช้ประโยชน์ได้น้อยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะกรด-แอมิโนไลซีนจะใช้ประโยชน์ได้เพียง 98.3 เปอร์เซ็นต์และเม็ทไธโอนีนใช้ประโยชน์ได้เพียง 22.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากยังมีปัญหายุ่งยากในการใช้ เช่น กากตะกอนน้ำมันปาล์มสด (ไม่ผ่านกระบวนการ) มีอายุการเก็บสั้น ความน่ากินต่ำ มีเถ้าและแร่ธาตุที่เป็นพิษสูง ความแปรปรวนของเถ้า โปรตีน และไขมันจะค่อนข้างสูง การทำให้แห้งหากใช้ความร้อนสูงจะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารลดลง ข้อมูลที่ยังสนับสนุนการใช้ยังไม่มากพอ

4. เยื่อใยส่วนเปลือก เป็นส่วนของเยื่อใยที่เหลือจากการเอาเนื้อในออกไปแล้ว นำเอาส่วนนี้มาอัดเอาน้ำมันออกมี 2 ชนิด คือ palm press fibre หรือ PPF เป็นส่วนเยื่อใยของเปลือกหุ้มเมล็ด และ palm empty fruit bunch หรือ PEFB เป็นส่วนของเยื่อใยที่เป็นก้านช่อของผลปาล์ม หรือที่เรียกว่าทะลาย โดยเอาส่วนที่เป็นผลออกไปแล้ว จึงมีเยื่อใยสูง โปรตีนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเยื่อใยสูงและไม่น่ากิน สัตว์เคี้ยวเอื้องจะกินได้น้อยและการย่อยได้ต่ำ

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

6. กากที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากผลปาล์มทั้งผล (palm oil meal, POM) ประกอบด้วยส่วนเปลือกของชั้นนอกสุดซึ่งเป็นเยื่อใย ส่วนของกะลาและส่วนของเยื่อใยที่ปราศจากน้ำมัน เยื่อใยจึงสูงมาก ไม่เหมาะใช้เลี้ยงสัตวกระเพาะเดี่ยว

ส่วนประกอบทางเคมี คุณค่าทางโภชนะ และการย่อยได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่ได้จากการกะเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาแยกน้ำมัน กากที่ได้จึงมีแต่เนื้อในเมล็ดปาล์ม ซึงมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง คือ มีโปรตีนรวมประมาณ 18-19 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวมประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยรวมประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ แต่โรงงานที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาออกไปได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จึงมีโปรตีนรวมต่ำและเยื่อใยรวมสูง คือ มีโปรตีนรวมประมาณ 10.8 เปอร์เซ็นต์ ไขมันประมาณ 10.3 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใย-รวมประมาณ 27.2 เปอร์เซ็นต์ (จารุรัตน์, 2528) อย่างไรก็ตาม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนั้น จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไปตามชนิดของปาล์มน้ำมันและวิธีในการสกัดแยกน้ำมัน ซึ่งกากเนื้อ-ในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้ในประเทศไทยเป็นชนิดที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด จึงมีกะลาที่แตกออกมาจากการสกัดน้ำมันปะปนอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง แต่สำหรับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จาก

การสกัดน้ำมันด้วยสารเคมีนั้นจะมีโปรตีนรวมในปริมาณที่สูงกว่า ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทั้ง 2 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

Composition	PKC					
	1*	2*	3*	4**	5**	6**
DM	93.57	-	94.85	90.30	92.00	92.80
OM	17.49	15.34	14.11	16.00	15.20	18.90
EE	13.71	8.65	23.77	0.80	1.80	-
CF	-	14.42	16.22	15.70	16.00	-
Ash	-	3.61	3.22	4.00	3.80	5.10
NFE	-	-	42.68	63.50	63.20	-
NDF	73.37	-	-	-	-	-
ADF	42.21	-	-	-	46.00	-
Ca	0.16	0.24	0.22	0.29	0.25	0.20
P	0.05	0.54	0.56	0.79	0.52	0.70
GE (kcal/kg)	-	4,658.37	5,442.14	3,728.00	-	-

หมายเหตุ * กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่หีบด้วยเกลียวอัด

** กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมี

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

(3) ทวีศักดิ์ (2529) (4) Yeong (1981)

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

(6) Carvalho และคณะ (2006)

โดยองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่หีบด้วยเกลียวอัด 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 และฟอสฟอรัส 0.05-0.56 เปอร์เซ็นต์ โดยให้พลังงานรวม 4,658.37-5,442.14 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดน้ำมันด้วยสารเคมีประกอบด้วยวัตถุแห้ง 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 จากสาเหตุที่

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้จำกัด แต่อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบเมื่อนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจะถูกหมักในกระเพาะรูเมน สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงสามารถใช้ประโยชน์จากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มได้สูงกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว ซึ่งจากการศึกษาการย่อยสลายของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในกระเพาะรูเมนของโคเนื้อและแพะโดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน (nylon bag technique) Wong และคณะ (1987) รายงานว่า โคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เยื่อใยส่วนเปลือก กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากน้ำตาล มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และเยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 59.6, 60.9 และ 45.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่โคเนื้อที่ได้รับหญ้าเนเปียร์ เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เยื่อใยส่วนเปลือกหุ้มเมล็ด กากตะกอนน้ำมันปาล์ม และกากน้ำตาล มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม และเยื่อใยรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 69.3, 74.4 และ 47.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการย่อยสลายได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนของแพะ สุมิตรา (2543) รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่ได้รับอาหารซึ่งประกอบด้วย 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 และ ผนังเซลล์ (66.5, 69.1, 72.7 และ 69.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (63.2, 65.3, 59.7 และ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ในขณะที่พลังงานย่อยได้ของ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด เท่ากับ 13.4 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีค่าสูงกว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการใช้สารเคมีสกัด (12.5 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) นอกจากนี้ Carvalho และคณะ (2005) รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมี มีค่าการย่อยสลายของไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของโคนม 0.04 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (0.05 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ในขณะที่โปรตีนที่ไม่ถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมนและถูกย่อยในลำไส้เล็กของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการใช้สารเคมีสกัด (0.081 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัด (0.076 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$)

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อ

ในแง่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อ ได้มีการศึกษาโดยนักวิจัยทั้งในประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย โดย วรรณะ (2536) รายงานว่าโคเนื้อลูกผสมที่ได้รับหญ้ากินนีสดเป็นอาหารหยาบ เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบ 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (1.10, 1.01 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะอาหารมีกลิ่นหืน ส่งผลให้ความน่ากินของอาหารลดลง 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 กิโลกรัม 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 เปอร์เซ็นต์ที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 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 อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยในประเทศไทย โดย จินดา และคณะ (2543) ซึ่งใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารข้นสำหรับโคเนื้อที่ได้รับฟางข้าวแบบเต็มที่ พบว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต 500 กรัมต่อวัน ซึ่งความแตกต่างของผลงานวิจัยการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อของประเทศมาเลเซียและประเทศไทย อาจเกิดจากความแตกต่างของคุณภาพอาหารหยาบและคุณภาพของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ประกอบในสูตรอาหารข้น โดยในสภาวะที่สัตว์ได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี มีระดับโปรตีนรวมปานกลางและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในสูตรอาหารข้นมีไขมันไม่สูงเกินไป จะสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารได้มากขึ้น

สำหรับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นต่อสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโค Wong และคณะ (1988) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 5.9-7.5 ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร นอกจากนั้น Abdullah และคณะ (1986) รายงานว่า โคพันธุ์เคดาห์ กลันตัน (Kedah Kelantan) 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 (โปรตีน 16.6 เปอร์เซ็นต์) ที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 89 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 37.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคพันธุ์เดียวกันที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เล่ย์เป็นส่วนประกอบ (โปรตีน 12.8 เปอร์เซ็นต์) และโคที่กินหญ้าอย่างเดียว (โปรตีน 6.8 เปอร์เซ็นต์) มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 17.0 และ 15.07 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสำหรับโคได้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในภาคใต้ยังมีจำกัด จึงควรมีการศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม อีกทั้งควรศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ หรือใช้ทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาสูงและไม่สามารถผลิตได้เองในภาคใต้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลง เป็นผลดีต่อเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

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

2. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

2.1 อาหารหยาบ

ใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์จังหวัดสตูล ซึ่งมีอายุการตัดประมาณ 70 วัน หลังการเก็บเมล็ดแล้ว เป็นอาหารหยาบหลัก โดยให้สัตว์ได้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่

2.2 อาหารข้น

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

ตารางที่ 2 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (คิดเป็นวัตถุแห้ง) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

Concentrate	1	2	3	4	5
Ingredients (kg)					
Ground corn	70.00	52.50	35.00	17.50	0.00
Palm kernel cake	0.00	17.50	35.00	52.50	70.00
Broken rice	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Soybean meal	3.27	3.65	4.03	4.41	4.78
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Urea	1.73	1.35	0.97	0.52	0.22
Molasses	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Premix[1]	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Sulfur	0. 1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	100	100	100	100	100
Estimated nutrients[2]					
TDN	76.1	75.8	75.5	75.3	75.1
CP	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
Price[3]					
(baht /kg)	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 โพแทสเซียม 31.00 กรัม และแมกนีเซียม 35.00 กรัม สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 2.00 กรัม สื่อเติมจนครบ 1.00 กิโลกรัม

[2]คำนวณจาก NRC (1984)

[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 ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 25 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 เปอร์เซ็นต์

ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์

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

4. วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

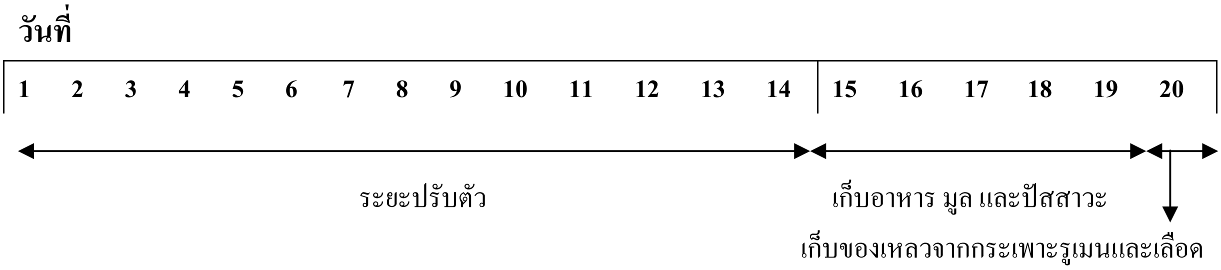
1. ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงที่ฝึกให้โคมีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ใช้ระยะเวลา 14 วัน ทำการสุ่มโคทดลองตามแผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ โดยโคแต่ละตัวอยู่ในคอกเดี่ยว มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้าให้ดื่มน้ำได้ตลอดเวลา ให้โคได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ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

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 3 ระยะการทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

5. การเก็บตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

5.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร และการหาปริมาณการกินได้

5.1.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร ทำการเก็บตัวอย่างอาหารหยาบและตัวอย่างอาหารข้นทุกๆ 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

5.1.2 บันทึกปริมาณการกินได้ของหญ้าแห้งและอาหารข้น โดยชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน

5.2 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)

5.3 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

บันทึกปริมาตรปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดของโคแต่ละตัวในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร โดยใช้กรวยผูกยึดติดกับตัวโคซึ่งออกแบบเพื่อใช้สำหรับรองรับปัสสาวะจากตัวโค และมีสายยางต่อไปยังภาชนะที่รองรับปัสสาวะซึ่งมีกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) 250 มิลลิลิตร เพื่อให้ปัสสาวะเป็นกรด (PH < 3) ป้องกันการสูญเสียของไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จดบันทึกปริมาตรปัสสาวะทั้งหมดที่ขับออกในแต่ละวัน สุ่มเก็บปัสสาวะไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมดแล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.3.1. สุ่มใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร เก็บไว้ตลอดระยะทดลองแล้วนำมารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้ง ประมาณ 5 % เก็บใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

5.3.2 นำปัสสาวะมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:3 จากนั้นนำปัสสาวะที่เจือจางแล้ว 80 มิลลิลิตร ใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ – 20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีน (purine derivatives)

5.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

ทำการสุ่มตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ผ่านทางท่ออาหารถาวร ในวันสุดท้ายของระยะทดลองสุ่มเก็บปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที หลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บปริมาตร 90 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกปริมาตร 120 มิลลิกรัม 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)

5.5 การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่งโมง 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 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volume, PCV)

5.6 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลอง คือ ก่อนเข้างานทดลอง หลังจากปรับสัตว์ และหลังจากสิ้นสุดการทดลอง ทำการจดบันทึก เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

5.7 คำนวณหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (digestible nutrient intake) สมดุลไนโตรเจน การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ และการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ 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 ปริมาณโภชนะที่ได้รับ

สมดุลไนโตรเจน (กรัม/วัน)

= ปริมาณไนโตรเจนที่กิน – (ปริมาณไนโตรเจนในมูล + ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ)

การขับออกอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน)

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

อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน)

$= (Y - 0.385\ BW^{0.75})/0.85$ (Chen and Gomes, 1995)

เมื่อ Y = การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน)

- ค่าเฉลี่ยของการย่อยได้ของพิวรีนของจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.85

การสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/วัน)

$$= \frac{X \times 70}{0.116 \times 0.83 \times 100} = 0.727 \times X$$ (Chen and Gomes, 1995)

เมื่อ X = อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน)

- การย่อยได้ของพิวรีนของจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.83
- ปริมาณไนโตรเจนในพิวรีนมีค่าเท่ากับ 70 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อมิลลิโมล
- สัดส่วนของพิวรีนไนโตรเจนในจุลินทรีย์รวมในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีค่าเท่ากับ 11.6 : 100

ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/กิโลกรัมอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน)

$$= \frac{MN\ (g/day)}{DOMR\ (g)} \times 1000\ (g)$$ (Chen and Gomes, 1995)

เมื่อ MN = การสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/วัน)

DOMR = การย่อยได้ของอินทรียวัตถุในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (กิโลกรัม/วัน)

= DOMI x 0.65 (ARC, 1990)

โดย DOMI = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน)

6. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแห้ง อาหารข้น และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) สำหรับกาวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1970) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยวิธีการกลั่นตามวิธีการของ Bremner และ Keeney (1965) การวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และบิวทีริก โดยใช้ Gas Chromatography Agilent 6890n คอลัมน์ชนิด DB-FFAP ขนาดความยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร โดยดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Josefa และคณะ(1999) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นใช้วิธีการ Centrifuge (Heamatocrit 24) การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในพลาสม่า โดยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor วิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor ส่วนการวิเคราะห์อนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะใช้เครื่อง HPLC Agilent 1100 คอลัมน์ชนิด ZORBAX SB-C18 ขนาดความยาว 150 มิลลิเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 4.6 มิลลิเมตร หนา 5 ไมโครเมตร โดยดัดแปลงตามวิธีการของ Chen และคณะ (1993)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณอาหารที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนและระดับกลูโคสในเลือด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 5×5 ลาตินสแควร์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan’s multiple range Test (Steel and Torrie, 1980) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์โดยวิธี Orthogonal polynomial

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งและอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 4 พบว่า หญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้งมีวัตถุแห้ง 93.32 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.38 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 2.04 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.43 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.62 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 55.89 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 9.31 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 80.60 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.42 เปอร์เซ็นต์ และลิกนิน 7.14 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของลินดา (2552) และ ขวัญชนก (2552) ที่รายงานว่า หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่อายุการตัด 70 วัน ที่ผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.01-92.88 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 1.47-3.62 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.23-0.74 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.12-7.99 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 81.38-87.45 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 50.02-56.10 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้คุณค่าของพืชอาหารสัตว์จะเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ฤดูกาล ความถี่ของการตัด ชนิดและระดับของปุ๋ย ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ และชนิดของพืช ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้พืชที่แก่จะมีปริมาณของโปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟอรัสลดลง และมีเยื่อใยรวม เซลลูโลส และลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างลำต้นและใบและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืช (นิวัติ, 2543; สายัณห์, 2540; เทอดชัย, 2548) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากหญ้าพลิแคททูลั่มสามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ลุ่มดินกรด และมีความสมบูรณ์ต่ำ จึงเหมาะสมกับสภาพดินในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งมีดินเป็นกรดและน้ำท่วมขัง (สายัณห์, 2540 และ จินดา และคณะ, 2544)

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง มีค่าอยู่ในช่วง 93.40-96.29 เปอร์เซ็นต์ 14.63-16.31 เปอร์เซ็นต์ 2.44-6.36 เปอร์เซ็นต์ 3.71-6.60 เปอร์เซ็นต์ 1.85-11.07 เปอร์เซ็นต์ 59.67-77.34 เปอร์เซ็นต์ และ11.69-59.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในอาหารข้น ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม เถ้า และเยื่อใย-รวมในอาหารข้นเพิ่มขึ้นตามระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวม สูงกว่าข้าวโพดบดที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวม 8.24, 4.08 และ 13.57 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดบด ประกอบด้วยไขมันรวม เถ้า และเยื่อใย 4.94, 1.50 และ 4.38

เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับระดับโปรตีนรวมในอาหารข้นพบว่า อาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีระดับโปรตีนรวมใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 14.63-15.08 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระดับโปรตีนรวมในสูตรอาหารข้นสูงถึง 16.31 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในสูตรอาหารมีโปรตีนรวม 17.14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดบดมีโปรตีนรวม 7.69 เปอร์เซ็นต์ การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ จึงมีผลต่อระดับโปรตีนรวมในสูตรอาหารข้น ถึงแม้จะได้ทำการปรับลดระดับยูเรียซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในสูตรอาหารแล้วก็ตาม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นบนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งและอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดระดับต่างๆ

Composition[1/]	Plicatulum hay	Level of PKC substitution for GC (%)				
		0	25	50	75	100
DM	93.32	94.22	94.24	94.60	95.15	94.27
OM	92.38	96.29	95.54	95.04	94.30	93.40
CP	2.04	14.67	15.08	14.63	15.06	16.31
EE	0.43	2.44	3.02	4.02	4.93	6.36
Ash	7.62	3.71	4.46	4.96	5.70	6.60
CF	34.03	1.85	4.07	6.39	8.93	11.07
NFE[2/]	55.89	77.34	73.37	70.00	65.37	59.67
NSC[3/]	9.31	59.92	45.28	30.03	14.82	11.69
NDF	80.60	19.26	32.16	46.09	59.49	59.04
ADF	52.42	3.34	10.21	16.72	24.53	31.48
ADL	7.14	1.27	2.49	4.70	6.72	9.21

[1/]DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; CF: crude fiber; NFE: Nitrogen free extract; NSC: Non structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin

[2/]Estimated NFE = 100 – (CP + CF + EE + Ash)

[3/]Estimated NSC = 100- (CP + EE + Ash + NDF)

การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ

ปริมาณอาหารที่กินของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดระดับต่างๆ กินหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.63-2.61 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งบนฐานเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า โคที่ได้รับหญ้า

พลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ (0.72 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และ 31.54 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (0.45 และ 0.51 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และ 19.74 และ 22.00 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเพิ่มขึ้นในรูปแบบเป็นเส้นตรง (L: $P = 0.0045$, 0.0038 และ 0.0037 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้น ขณะที่ปริมาณอาหารข้นที่โคกินได้ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้บนฐานกิโลกรัมต่อวัน เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวันต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร ส่งผลให้อาหารข้นมีไขมันรวมสูงขึ้น ทำให้สัตว์ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลจำกัดปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (Van Soest, 1964) และทำให้โคกินหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งได้มากขึ้น เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการและความจุของกระเพาะ (เมธา, 2533) ซึ่งผลในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของวรรณะ (2536) ที่พบว่า โคเนื้อลูกผสมที่ได้รับหญ้ากินนีสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอาหารข้นที่กินได้ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งและอาหารข้น) พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดทั้ง 5 สูตร มีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดบนฐานกิโลกรัมต่อวันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาบนฐานเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ กินอาหารทั้งหมด 1.94 และ1.88 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 84.40 และ 81.83 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ 1.56 และ 1.53 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 68.04 และ 66.61 กรัมวัตถุ-แห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากโคกลุ่มนี้กินอาหารข้นได้ต่ำ จึงส่งผลให้ปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ต่ำตามไปด้วย ทั้งนี้ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: $P = 0.02$, 0.001 และ 0.002 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารสูงขึ้น

ตารางที่ 5 ปริมาณการกินได้ของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
Plicatulum hay								
kg/d	1.63	1.81	1.98	2.17	2.61	0.22	0.0045	0.5200
%BW	0.45[b]	0.51[b]	0.55[ab]	0.60[ab]	0.72[a]	0.06	0.0038	0.4969
g/kgBW$^{0.75}$	19.74[b]	22.00[b]	23.82[ab]	26.12[ab]	31.54[a]	2.58	0.0037	0.4906
Concentrate								
kg/d	5.33[a]	4.93[a]	4.50[a]	3.47[b]	2.91[b]	0.34	0.0001	0.4761
%BW	1.49[a]	1.38[ab]	1.25[b]	0.96[c]	0.80[c]	0.07	0.0001	0.3667
g/kgBW$^{0.75}$	64.70[a]	59.85[a]	54.32[a]	41.94[b]	35.04[b]	3.34	0.0001	0.3942
Total								
kg/d	6.95	6.73	6.48	5.63	5.52	0.44	0.0122	0.8252
%BW	1.94[a]	1.88[a]	1.80[ab]	1.56[b]	1.53[b]	0.09	0.0012	0.7857
g/kgBW$^{0.75}$	84.40[a]	81.83[ab]	78.16[ab]	68.04[b]	66.61[b]	4.33	0.0024	0.7999
OMI, kg/d	6.63	6.37	6.10	5.27	5.12	0.42	0.0063	0.8209
CPI, kg/d	0.81[a]	0.78[a]	0.68[ab]	0.56[b]	0.55[b]	0.05	0.0004	0.9526
NDFI, kg/d	2.50[c]	3.14[bc]	3.91[ab]	4.48[a]	4.09[a]	0.29	0.0001	0.0527
ADFI, kg/d	1.03[d]	1.44[cd]	1.78[bc]	1.97[ab]	2.31[a]	0.15	0.0001	0.6318
Weight gain at 21 d, kg	6.60	9.00	10.20	7.80	6.00	3.62	0.8366	0.3889
BW change, kg/d	0.33	0.45	0.51	0.39	0.30	0.18	0.8366	0.3889

[1/]L = linear, Q = quadratic

[a-d]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

สำหรับปริมาณโภชนะที่กินได้พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 5.12-6.63 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ในขณะที่ปริมาณโปรตีน-รวมที่กินได้ของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P = 0.006 และ 0.0004 ตามลำดับ) ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณอาหารที่กินได้ ขณะที่ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้เพิ่มขึ้นเมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด-บด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารข้น เพื่อเสริมให้กับโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของโคลดลง โดยโคทั้ง 5 กลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มในระยะ 21 วัน

ของการทดลอง เท่ากับ 6.60, 9.00, 10.20, 7.80 และ 6.00 กิโลกรัม ตามลำดับ (P>0.05) และมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว เท่ากับ 0.33, 0.45, 0.51, 0.39 และ 0.30 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (P>0.05)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 6 พบว่า โคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ (58.12 และ 60.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ (67.13 และ 69.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P = 0.0010 และ 0.0015 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้อาหารมีไขมันรวมสูงกว่าอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) จึงอาจมีผลต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบด การใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับสูง จึงมีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถูกย่อยและสลายตัวได้เร็วในกระเพาะรูเมน (Church, 1991) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด-บด 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ จึงอาจมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารข้นลดลง สอดคล้องกับสายันต์ (2547) ที่ศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น เสริมให้แพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย และพบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารข้นลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม และโภชนะที่ย่อยได้รวมของโคที่ได้รับอาหารข้นทั้ง 5 สูตร พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนัง-เซลล์ และลิกโนเซลลูโลสของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 100 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้ทดแทนข้าวโพด-บด 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโน-เซลลูโลส มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L: P=, 0.0066 และ 0.0162 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่โคได้รับ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมที่ย่อยได้ที่โคได้รับ มีค่าลดลง (L: P= 0.0002 และ 0.0003 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่

ได้รับ ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ด้อยกว่าโคกลุ่มอื่น นอกจากนี้ จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ พบว่า พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้พลังงานใช้ประโยชน์ได้มีค่าลดลง (L: P= 0.0002) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 6 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และปริมาณโภชนะย่อยได้ของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
Apparent digestibility, %								
DM	67.13[a]	66.50[ab]	62.22[abc]	60.75[bc]	58.12[c]	1.88	0.0010	0.8693
OM	69.46[a]	69.08[a]	65.11[ab]	63.58[ab]	60.91[b]	1.86	0.0015	0.7628
CP	62.31	58.90	54.21	54.08	55.05	2.47	0.0250	0.1700
NDF	51.70[b]	57.76[ab]	58.33[ab]	66.43[a]	60.66[a]	2.69	0.0066	0.1290
ADF	34.58[ab]	38.00[ab]	32.76[b]	39.06[ab]	46.17[a]	2.43	0.0162	0.0822
TDN[2/]	68.32	67.85	64.63	63.60	61.44	1.87	0.0078	0.8656
Digestible nutrient intake, kg/d								
OM	4.61[a]	4.40[a]	3.99[ab]	3.36[bc]	3.10[c]	0.27	0.0002	0.7747
CP	0.51[a]	0.46[ab]	0.37[bc]	0.30[c]	0.30[c]	0.04	0.0003	0.4897
Estimated energy intake[3/], Mcal/d								
ME	17.53[a]	16.70[a]	15.16[ab]	12.75[bc]	11.80[c]	1.03	0.0002	0.7745

[1/]L = linear, Q = quadratic

[2/]TDN = DCP + DCF + DNFE + (DEE x 2.25)

[3/]1 kg DOM = 3.8 McalME/kg (Kearl, 1982)

[a-c]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น เสริมให้แก่โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของโคด้อยลง ในขณะที่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 25 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารข้น ไม่ทำให้ปริมาณการกินได้และการใช้

ประโยชน์ได้ของโภชนะของโค แตกต่างจากโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

สมดุลไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากอาหารข้นบนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอลิก สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากอาหารข้นลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P = 0.01 และ 0.08 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของโคทั้ง 5 กลุ่ม ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.004-0.008 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.066-0.102 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอลิกไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่กินได้ เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L:P= 0.05 และ 0.02 ตามลำดับ) เมื่อโคได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด (อาหารข้นและหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง) ของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด 0.132 และ 0.126 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 1.578-1.516 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอลิก ตามลำดับ สูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด 0.088 และ0.010 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 1.058 และ 0.083 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมแทบอลิก ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่กินได้ (ตารางที่ 5) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมดลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P = 0.0005 และ 0.0001 ตามลำดับ) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
N intake								
Concentrate								
kg/d	0.130^{a}	0.120^{a}	0.100^{ab}	0.080^{b}	0.080^{b}	0.010	0.0002	0.7461
g/kgBW$^{0.75}$	1.510^{a}	1.440^{ab}	1.240^{bc}	1.000^{cd}	0.950^{d}	0.080	0.0001	0.9492
Plicatulum hay								
kg/d	0.004	0.004	0.004	0.006	0.008	0.001	0.0489	0.2957
g/kgBW$^{0.75}$	0.066	0.080	0.078	0.090	0.102	0.010	0.0226	0.7982
Total								
kg/d	0.132^{a}	0.126^{a}	0.108^{ab}	0.092^{b}	0.088^{b}	0.010	0.0005	0.8588
g/kgBW$^{0.75}$	1.578^{a}	1.516^{ab}	1.314^{bc}	1.086^{c}	1.058^{c}	0.083	0.0001	0.8937
N excretion								
Fecae								
kg/d	0.048	0.050	0.050	0.042	0.038	0.004	0.0640	0.2471
g/kgBW$^{0.75}$	0.592	0.616	0.600	0.498	0.478	0.042	0.0199	0.2879
Urine								
kg/d	0.044^{a}	0.038^{ab}	0.028^{bc}	0.022^{cd}	0.016^{d}	0.003	0.0001	0.7644
g/kgBW$^{0.75}$	0.552^{a}	0.478^{ab}	0.364^{bc}	0.262^{cd}	0.214^{d}	0.039	0.0001	0.6697
Total								
kg/d	0.092^{a}	0.092^{a}	0.080^{a}	0.062^{b}	0.058^{b}	0.005	0.0001	0.4912
g/kgBW$^{0.75}$	1.144^{a}	1.094^{ab}	0.962^{b}	0.764^{c}	0.694^{c}	0.055	0.0001	0.6116
N excretion/N intake (%)	68.956^{ab}	78.756^{a}	72.102^{ab}	62.408^{b}	73.340^{ab}	3.414*	0.4927	0.9523
N retention								
kg/d	0.036	0.034	0.030	0.026	0.032	0.006^{ns}	0.4256	0.4995
g/kgBW$^{0.75}$	0.434	0.424	0.352	0.324	0.366	0.061^{ns}	0.2366	0.5239

[1/]L = linear, Q = quadratic

[a-d]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

สำหรับปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในมูลของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด (มูลและปัสสาวะ) มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกในปัสสาวะและปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมดลดลง (L: P = 0.0001)

เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการเพิ่มระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้โคกินอาหารข้นและอาหารทั้งหมดลดลง จึงทำให้ได้รับไนโตรเจนลดลง ซึ่งหากสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อย สัตว์จะเพิ่มการเก็บกักไนโตรเจนไว้ในร่างกาย โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะ ทำให้ยูเรียหมุนกลับสู่กระเพาะรูเมนได้อีก (Church, 1979) ส่งผลให้ไนโตรเจนถูกขับออกจากร่างกายลดลงเพื่อรักษาสมดุลไนโตรเจน ซึ่งเมื่อพิจารณาสมดุลไนโตรเจนของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า มีค่าเป็นบวกและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยสมดุลไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 0.26-0.36 กรัมต่อวัน หรือ 0.324-0.434 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างไรก็ตาม สมดุลไนโตรเจนมีค่าลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L:P= 0.006 และ 0.06 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 39.0-39.4 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 39.0-39.3 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเป็นอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (39-40 องศาเซลเซียส) (Van Soest, 1994)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ระหว่าง 6.62-6.99 (P>0.05) ส่วนความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ระหว่าง 6.53-6.89 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ระหว่าง 6.58-6.94 (P>0.05) ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโค เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L: P= 0.02, 0.003 และ 0.006 ตามลำดับ) ตามการเพิ่มขึ้นของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหาร และโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องจากโคทั้ง 2 กลุ่ม กินหญ้าแห้งได้สูง (ตารางที่ 5) จึงผลิตน้ำลายได้มากซึ่งมีผลต่อความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ปกติ โดย Van Soest (1982) รายงานว่า ระดับความเป็นกรด-ด่างในของของเหลวในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 6.0-7.0 ทั้งนี้

ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยอยู่ระหว่าง 6.5-6.8 (Grant and Mertens, 1992) ในขณะที่ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนอยู่ระหว่าง 5.5-7.0 (Kopency and Wallace, 1982) จากผลการศึกษาในครั้งนี้ การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนเมื่อโคได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับที่สูงขึ้น อาจมีผลกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย จึงทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสสูงขึ้น ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ตารางที่ 6)

ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 8.29-15.72 และ 5.72-12.86 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 2 ช่วงเวลาเท่ากับ 7.00-13.57 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลงแบบเส้นตรง (L: P= 0.01, 0.0002 และ 0.0009 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะ-รูเมนในโคทั้ง 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)

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ พบว่า

กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 57.32-75.43 และ 57.66-80.81 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 57.49-78.13 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: $P= 0.009$, 0.005 และ 0.004 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับสูงกินอาหารข้น และอาหารทั้งหมดได้ลดลง จึงมีผลต่อกระบวนหมักและการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน France และ Siddons (1993) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคผันแปรอยู่ในช่วง 70-130 มิลลิโมลต่อลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณ-การกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุย่อยได้ที่โคได้รับ (Orskov *et al*., 1988) สอดคล้องกับ Sutton (1985) ที่รายงานว่า หากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์-การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ที่โคได้รับในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 6) จึงส่งผลให้กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนลดลง

เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด พบว่า กรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 70.09-72.61 และ 69.37-72.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 69.73-72.77 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร อยู่ในช่วง 14.55-15.71 และ 14.96-16.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 14.76-16.35 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่มที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอยู่ในช่วง 12.84-14.39 เปอร์เซ็นต์ และ 12.10-13.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริกอยู่ในช่วง 12.47-13.93 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า สัดส่วนของกรดแอซิติกและกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยอยู่ในช่วง 4.51-5.05, 4.17-4.91 และ 4.34-4.98 ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของกรดแอซิติก โพรพิโอนิก และบิวทีริก ได้รับอิทธิพลจากชนิดอาหารที่ให้สัตว์กิน โดยหากสัตว์ได้รับอาหารหยาบมากจะมีความเข้มข้นของกรดแอซิติกสูง แต่หากสัตว์ได้รับอาหารข้นมากจะทำให้การผลิตกรดโพรพิออนิกสูงขึ้น และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกจะลดลง (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้บุญล้อม (2541) กล่าวว่า ปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิดในของเหลวจากกระเพาะ-รูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะผันแปรขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และระยะเวลาหลังการให้อาหาร โดยกรด-แอซิติกมีประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด รองลงมา คือ กรดโพรพิโอนิก ประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และกรดบิวทีริกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายได้ทั้งหมด สอดคล้องกับเมธา (2533) ที่กล่าวว่า กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65-70, 20-22 และ 10-15 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมัน-ที่ระเหยได้ทั้งหมด และมีสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 1-4 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน Hungate (1966) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 22 และ 16 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารข้นไม่มีผลต่อการผลิตกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน

เมแทบอไลท์ในเลือด

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เวลา 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05)โดยมีค่าอยู่ในช่วง 32.00-33.80 และ 31.40-33.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ทั้ง 2 ช่วงการศึกษา พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 32.00-33.60 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในช่วงปกติ โดยอุทัยและคณะ (2549) รายงานว่า ปริมาตรเม็ด-เลือดแดงอัดแน่นของโคพื้นเมืองอยู่ในช่วง 26.74-34.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยว่า สัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541)

ตารางที่ 8 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหย-ง่ายในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
Temperature, °C								
0 h-post feeding	39.40	39.00	39.20	39.00	39.00	0.15	0.1074	0.4815
4	39.20	39.20	39.00	39.00	39.00	0.13	0.1649	0.6873
mean	39.30	39.10	39.10	39.00	39.00	0.12	0.0773	0.5039
Ruminal pH								
0 h-post feeding	6.62	6.80	6.95	6.96	6.99	0.12	0.0261	0.3253
4	6.53[b]	6.55[b]	6.78[ab]	6.86[a]	6.89[a]	0.09	0.0030	0.6841
mean	6.58	6.68	6.87	6.92	6.94	0.10	0.0069	0.4392
NH_3-N, mg/dl								
0 h-post feeding	12.86[ab]	15.72[a]	10.29[b]	9.71[b]	8.29[b]	1.68	0.0115	0.5627
4	12.86[a]	11.43[ab]	8.57[bc]	8.28[bc]	5.72[c]	1.16	0.0002	0.9463
mean	12.86[ab]	13.57[a]	9.43[bc]	9.00[bc]	7.00[c]	1.26	0.0009	0.7214
Total VFA, mmol/L								
0 h-post feeding	75.43	69.58	59.24	57.32	58.78	4.85	0.0090	0.2220
4	80.81[a]	69.79[ab]	61.28[b]	57.66[b]	58.92[b]	5.38	0.0047	0.1629
mean	78.13[a]	69.69[ab]	60.26[b]	57.49[b]	58.85[b]	4.68	0.0035	0.1536
Acetate (C_2) (% total VFA)								
0 h-post feeding	70.54	70.09	70.21	70.53	72.61	1.18	0.2360	0.2494
4	71.36	69.37	70.99	71.46	72.94	0.90	0.0836	0.1046
mean	70.95	69.73	70.60	70.99	72.77	0.97	0.1285	0.1477
Propionate (C_3) (% total VFA)								
0 h-post feeding	15.07	15.71	15.60	15.33	14.55	0.55	0.4255	0.1658
4	15.18	16.99	15.59	15.63	14.96	0.64	0.4053	0.1557
mean	15.13	16.35	15.60	15.50	14.76	0.52	0.3526	0.1137
Butyrate (C_4) (% total VFA)								
0 h-post feeding	14.39	14.20	14.18	14.15	12.84	0.90	0.2859	0.5132
4	13.46	13.63	13.42	12.86	12.10	0.59	0.0777	0.3321
mean	13.93	13.92	13.80	13.50	12.47	0.72	0.1659	0.4233
C_2:C_3 ratio								
0 h-post feeding	4.68	4.51	4.57	4.62	5.05	0.21	0.2249	0.1527
4	4.74	4.17	4.59	4.59	4.91	0.23	0.3030	0.1264
mean	4.71	4.34	4.58	4.61	4.98	0.20	0.2179	0.1075

[1/]L = linear, Q = quadratic

[a-c]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

สำหรับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 9.94-15.62 และ 10.07-15.25 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 10.01-15.43 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดเฉลี่ย 10.56 และ 10.01 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ (P>0.05) ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ (15.43, 14.68 และ13.62 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดลดลงแบบเส้นตรง (L: P=0.006, 0.0024 และ 0.0003) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อ-ในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง 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) โดยระดับยูเรียในร่างกายสามารถวัดได้โดยการตรวจหาระดับไนโตรเจนในพลาสม่า หรือซีรั่ม เพื่อใช้บ่งชี้ระดับไนโตรเจนในเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (Nolan *et al.,* 1970 ; Egan and Kellaway, 1971) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดโคในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงค่าปกติของสัตว์โตเต็มวัย คือ 6-27 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Swenson, 1977)

ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของโคทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดก่อนให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 59.40-62.32 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 58.94-61.76 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่ง Fahey และ Berger (1988) รายงานว่า กลูโคสในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องสร้างมาจากกระบวนการกลูโคนีโอเจเนซีส (gluconeogenesis) ประมาณ 27-54 % โดยความเข้มข้นปกติของกลูโคสในกระแสเลือดโคที่โตเต็มที่มีค่าเฉลี่ย 60 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร นอกจากนั้น Kaneko (1980) รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดโคที่บ่งบอกความสมดุลของพลังงานในร่างกายอยู่ในช่วง 45-75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร แสดงให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารไม่กระทบต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ของพลังงานในตัวสัตว์

ตารางที่ 9 เมแทบอไลท์ในเลือดโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
Pack cell volumn, PCV (%)								
0 h-post feeding	32.20	32.00	33.40	32.60	33.80	1.20	0.3315	0.8954
4	32.20	32.20	33.80	31.40	33.00	0.97	0.7977	0.8284
mean	32.20	32.10	33.60	32.00	33.40	1.04	0.4949	0.9798
Blood urea nitrogen, BUN (mg/dl)								
0 h-post feeding	15.62[a]	14.73[a]	13.88[a]	10.05[b]	9.94[b]	1.18	0.0006	0.7539
4	15.25[a]	14.62[ab]	13.36[ab]	11.06[bc]	10.07[c]	1.22	0.0024	0.7032
mean	15.43[a]	14.68[a]	13.62[ab]	10.56[bc]	10.01[c]	1.02	0.0003	0.6836
Glucose (mg/dl)								
0 h-post feeding	62.32	60.74	61.92	61.96	59.40	2.06	0.4874	0.6922
4	61.54	60.36	58.94	61.76	61.26	1.48	0.8602	0.3282
mean	61.93	60.55	60.43	61.86	60.33	1.89	0.6726	0.8129

[1/]L = linear, Q = quadratic

[a-c]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อรา ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 10 พบว่า โคทั้ง 5 กลุ่ม มีจำนวนแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.56-6.55 x 10^{10} และ 2.25-4.70 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรของแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับจำนวนโปรโตซัว พบว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดที่ 0 และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และจำนวนประชากรโปรโตซัวเฉลี่ย ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้จำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมดลดลงแบบเส้นตรง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ

ตารางที่ 10 จำนวนประชากรแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่างๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value$^{1/}$	
	0	25	50	75	100		L	Q
Bacteria (x10^{10} cell/ml)								
0 h-post feeding	7.00	5.83	6.95	6.48	5.41	1.327	0.5563	0.7832
4	6.11	7.11	4.63	5.21	3.71	1.094	0.0707	0.6429
mean	6.55	6.47	5.79	5.84	4.56	0.944	0.1417	0.6435
Protozoa (x10^{6} cell/ml)								
Holotrich protozoa								
0 h-post feeding	1.66^{a}	1.78^{a}	1.19^{ab}	0.74^{bc}	0.46^{c}	0.193	0.0001	0.3733
4	1.76^{ab}	2.19^{a}	1.10^{bc}	0.91^{c}	0.67^{c}	0.250	0.0005	0.6447
mean	1.71^{ab}	1.99^{a}	1.15^{bc}	0.83^{c}	0.57^{c}	0.188	0.0001	0.4453
Entodiniomorphs protozoa								
0 h-post feeding	0.50	0.69	0.60	0.23	0.24	0.129	0.0290	0.2040
4	0.47	0.69	0.33	0.30	0.24	0.121	0.0413	0.6187
mean	0.49	0.69	0.47	0.27	0.24	0.107	0.0156	0.2904
Total protozoa								
0 h-post feeding	2.16^{a}	2.47^{a}	1.79^{a}	0.970^{b}	0.70^{b}	0.220	0.0001	0.1341
4	2.23^{ab}	2.88^{a}	1.43^{bc}	1.21^{c}	0.91^{c}	0.311	0.0005	0.5725
mean	2.20^{ab}	2.68^{a}	1.61^{bc}	1.09^{cd}	0.81^{d}	0.230	0.0001	0.2704
Fungal zoospores (x10^{5} cell/ml)								
0 h-post feeding	2.55	4.95	3.28	3.78	2.86	1.153	0.8820	0.3156
4	1.94	4.45	1.82	2.59	2.60	1.056	0.8736	0.6910
mean	2.25	4.70	2.55	3.19	2.73	1.078	0.8743	0.4624

$^{1/}$L = linear, Q = quadratic.

$^{a-d}$Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05)

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. และ *Entodiniomorphs* spp. พบว่า จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้ง 2 กลุ่มที่ 0 ชั่วโมง และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย มีจำนวนลดลงในรูปแบบเส้นตรงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้โคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้จำนวนประชากรโปรโตซัวต่อ

มิลลิลิตรของของเหลวในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ของแป้งและน้ำตาล (Jouaney and Ushida, 1999) โดยแป้งในสูตรอาหารจะช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของโปรโตซัว (Jouaney, 1988; Chamberlain *et al*., 1985) อย่างไรก็ตาม จำนวนประชากรโปรโตซัวในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในช่วง 0.81-2.68 X 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 10^{4}- 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร

การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะและปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์

การประเมินปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับต่างๆ โดยประเมินจากปริมาณอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ ปริมาณอนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ของโคทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 84.06-104.98, 67.04-91.89 มิลลิโมลต่อวัน และ 48.74-66.08 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (3.00 และ 2.86 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ) สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (2.18 และ 2.02 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L: P= 0.0002) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารสูงขึ้น ซึ่งโอภาส และทองสุข (2547) รายงานว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของสัตว์ ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในโคที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าโคกลุ่มอื่นๆ (ตารางที่ 6) จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคทั้ง 2 กลุ่มนี้สูงตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 21.63-27.49 กรัมต่อกิโลกรัมอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 11 การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบดในระดับต่าง ๆ

Attribute	Level of PKC substitution for GC (%)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	25	50	75	100		L	Q
Purine (mmol/d)								
Urinary purine excretion[2/]	104.98	95.88	99.98	100.61	84.06	11.36	0.3167	0.6711
Intestinal purine absorption[3/]	91.89	81.12	85.82	86.64	67.04	13.47	0.3151	0.6749
Digestible organic matter in the rumen (DOMR)[4/] (kg/d)	3.00[a]	2.86[a]	2.59[ab]	2.18[bc]	2.02[c]	0.18	0.0002	0.7638
Microbial nitrogen supply[5/](gN/d)	66.80	58.97	62.39	62.99	48.74	9.73	0.3151	0.6748
Efficiency of microbial nitrogen supply[6/](gN/kgDOMR)	22.38	21.63	24.12	27.49	23.81	4.26	0.5259	0.7582

[1/]L = linear, Q = quadratic

[a-d]Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).

SEM = Standard error of the mean (n = 5)

[2/](Allantoin+Uric acid (mmol/l)) x urine volume (l/d)

[3/] (Urinary purine excretion (mmol/d) /0.85)-(0.385 x $BW^{0.75}$)

[4/] Digestible organic matter intake (kg/d) x 0.65

[5/] Intestinal purine absorption (mmol/d) x 0.727

[6/] Microbial nitrogen supply (g/d) / Digestible organic matter in the rumen (kg/d)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในอาหารข้น ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองภาคใต้ ที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบแบบเต็มที่ พบว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้น ส่งผลให้โคกินอาหารได้ลดลง อีกทั้งยังทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ ปริมาณอินทรียวัตถุย่อยได้ที่ได้รับ ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่ได้รับ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ด้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0, 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด 100 เปอร์เซ็นต์ ยังมีผลทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของโปรโตซัวทั้งหมดในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ต่ำกว่าโคที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ถึงแม้ว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดบด 25, 50, 75 และ100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น จะไม่ทำให้สมดุลไนโตรเจน ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน ปริมาณของกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนแตกต่างกัน

ดังนั้นการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นสำหรับเสริมให้แก่โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแห้ง จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการใช้แหล่งพลังงานที่มีราคาสูง และไม่ใช่วัตถุดิบในพื้นที่ภาคใต้ ซึ่งระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สามารถใช้ทดแทนข้าวโพดบดในสูตรอาหารไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้การนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้น เป็นการนำผลพลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในพื้นที่ภาคใต้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นแนวทางที่จะช่วยให้สัตว์มีสมรรถภาพการผลิตที่สูงขึ้น ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลงเนื่องจากราคาอาหารข้นลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

อนึ่งเพื่อให้มีข้อมูลที่ชัดเจนและใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นสำหรับโคพื้นเมือง ควรมีการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ลักษณะและคุณภาพซากของโคพื้นเมืองที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์มหรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

บรรณานุกรม

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

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

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. สงขลา : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, วัชระ ศิริกุล และอุดมศรี อินทรโชติ. 2543. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารข้นสำหรับโคเนื้อ. ใน ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 17 ประจำปี 2543. หน้า 265-267. กรุงเทพฯ : กองฝึกอบรมกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและการวิเคราะห์. ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

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

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

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลการใช้กากปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ : ลินคอร์นโปรโมชั่น.

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

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 และฉลอง วชิรภากร. 2533. เทคนิคการให้อาหารโคเนื้อและโคนม. กรุงเทพฯ: ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

ลินดา ดำคง. 2551. ผลการใช้เยื่อในลำต้นสาคูเป็นแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองภาคใต้ที่ได้รับหญ้าแห้ง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตรปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.oae.go.th/main.phpMfilename=agri production. [เข้าถึงเมื่อ 1 กันยายน 2552].

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

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

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.

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

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. Amin. 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.

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.

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.

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). pp. 269-298. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

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). pp. 107–121. Willingford : C.A.B. International.

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.

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.

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

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.

Jalaludin, S. 1994. Feeding system base on oil palm by-product. Proceedings 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 (J. V. Nolan, R. A. Leng and D. I. Demerger, eds). pp. 59-74. Armidale : Penambul Books.

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

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.

Josefa, M., Dolores, M. M. and Fuensanta, H. 1999. Determination of short chain volatile fatty acids in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. J. Sci. Food Agric. 79 : 580-584.

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

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.

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.

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

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.

Preston, R. L. and Leng, R. A. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Avilable Resources in the Tropic and Sub-Tropics. Armidale : Penambull Book.

Samuel, M., Sagathewan, S., Thomas, J. and Mathen. 1997. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. Indian J. Anim. Sci. 67: 805-807.

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. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. (2nd ed.). New York : McGraw-Hill.

Suparjo, N. M. and Rahman, M. Y. 1987. Digestibility of palm kernel cake, palm oil meal effluent and quinea grass by sheep. Proceedings 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 Animals. 9th ed. (ed. M.J. Swenson). pp. 14-15. New York : Cornell University Press.

Van Soest. P. J. 1964. Symposium on factor influencing the voluntary intake of herbage by ruminant: Voluntary intake, retention time, chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 23: 834-843.

Van Soest, P. J. 1982. Nutrition Ecology of the Ruminant. 2nd ed. New York : Cornell University Press.

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

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-products based rations. Proceeding of the 7th Annual Workshop of the Australian-Asian Fibrous Agricultural Residues Research Network, Chiang Mai, Thailand, 2-4 June 1987, pp. 171-177.

Wong, H. K., Hassan, O. A., Shibata, M. and Alsmi, S. Z. 1988. Ruminant volatile fatty acids production and rumen degradability of oil palm by-product in cattle fed molasses and oil palm by-products based ration. In Ruminant Feeding System Utilization Fibrous Agricultural Residual. (R. M. Dixon, ed.), pp. 171-177. Victoria: Parkville.

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