รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT5122020031S

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Palm Kernel Cake in Goat Ration

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา และคณะ

ภาควิชาสัตวศาสตร์

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT5122020031S

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Palm Kernel Cake in Goat Ration

โดย

รศ. ดร. ปิ่น จันจุฬา[1]
รศ. เสาวนิต คูประเสริฐ[1]
รศ. ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส[1]
นายอภิชาติ หล่อเพชร[2]
และนักศึกษาระดับปริญญาโท *

ภาควิชาสัตวศาสตร์[1]
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก[2]

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2551

การสนับสนุนนักศึกษา:

1. น.ส.อารีย์วรรณ มีแสง* รหัส 5110620055

*** นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาสัตวศาสตร์ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112**

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัยเรื่อง **“การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ”** ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (ประเภททั่วไป) ประจำปีงบประมาณ 2551 โดยเริ่มโครงการวิจัยเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2551 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ตลอดจน ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง อ. คลองหอยโข่ง จ. สงขลา และสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในด้านสถานที่ อุปกรณ์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และรวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2553

รายงานการวิจัยเล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน เมแทบอไลซ์ในกระแสเลือด ประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจนในแพะ โดยศึกษาในแพะน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม ใช้แผนทดลองแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน เพื่อให้ได้รับอาหารข้นที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55% ในสูตรอาหาร 5 สูตร ตามลำดับ ให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนินแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 ที่มีการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น

จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 15-35% ในสูตรอาหารแพะ และเป็นลู่ทางในการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นต่อไป

คำสำคัญ: กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน แพะ

ABSTRACT

This experiment aimed to study effect of levels of palm kernel cake (PKC) in concentrate on dry matter intake, nutrient digestibility, rumen fermentation, blood metabolites, microbial populations, nitrogen balance and urinary purine derivative. Five goats with average liveweight 20±1 kg were randomly assigned according to a 5x5 Latin square design to receive five diets (15, 25, 35, 45 and 55% PKC, respectively). Plicatulum hay was offered on ad lib basis. Based on this experiment, there were no significant differences (P>0.05) among treatments regarding DM intake, whereas apparent digestibilities of DM, OM, CP, NDF and ADF were affected (p<0.01) by inclusion of PKC in diets and tended to be slightly lower for goats fed the diet T_4 and T_5 (45 and 55% PKC) as compared with other treatments. pH, NH_3–N, BUN, blood glucose, volatile fatty acids, rumen microorganism populations and efficiency of microbial nitrogen supply were similar among treatments (P>0.05), but nitrogen balance was affected (p<0.01) by inclusion of PKC in diets and tended to be slightly lower for goats fed the diet T_4 and T_5 (45 and 55% PKC) as compared with other treatments.

It could be concluded that the optimal level of PKC in concentrate should be 15-35 % for goat fed with plicatulum hay and it was good approach in exploiting local feed resources for further goats

Key words: palm kernel cake, feed intake, rumen fermentation, goat

สารบาญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ข)
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	3
หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
การตรวจเอกสาร	4
สถานภาพการเลี้ยงแพะในประเทศไทย	4
อาหาร และประสิทธิภาพในการใช้อาหารของแพะ	6
ข้อมูลทางสรีรวิทยาของแพะ	10
ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมันและลักษณะทางพฤกษศาสตร์	11
กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม	15
ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	16
คุณค่าทางโภชนะของกากปาล์มน้ำมัน	16
บทบาทของปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์	19
การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	21
บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	25
การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน	26
นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน	27
การใช้อนุพันธ์พิวรินในปัสสาวะที่ขับออกมาเป็นตัววัดสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนภายในรูเมน	28
วิธีการดำเนินการวิจัย	31
ผลการทดลองและวิจารณ์	36
สรุปผลการทดลอง	52
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารอ้างอิง	55
ภาคผนวก	70

สารบาญตาราง

Table		Page
2.1	Parameters in the normal goat from selected reports worldwide	11
2.2	World production and annual production of oil palm products, 1990-2007 ('000 tonnes)	12
2.3	Chemical composition of oil palm by products	15
2.4	Fatty acid compositions of palm oil products, soy oil and coconut oil	16
2.5	Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis) by methods of extraction process	18
3.1	Ingredient and chemical composition of goat rations (% dry matter basis)	32
4.1	Chemical composition of the experimental diets, plicatulum hay and palm kernel cake	37
4.2	Effects of palm kernel cake on feed intake (kg/d) in goats fed on plicatulum hay as roughage	38
4.3	Effects of palm kernel cake on apparent digestibility and Digestible nutrient intake in goats fed on plicatulum hay as roughage	40
4.4	Effects of palm kernel cake on rumen fermentation characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage	41
	CP degradation characteristics of sago palm and sources of	
4.5	Effects of palm kernel cake on rumen fermentation characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage	42
4.6	Effects of palm kernel cake on blood metabolized characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage	43
4.7	Effects of palm kernel cake on volatile fatty acid profiles in goats fed on plicatulum hay as roughage	45
4.8	Effects of palm kernel cake on rumen microbs in in goats fed on plicatulum hay as roughage	48
4.9	Effects of palm kernel cake on nitrogen utilization in goats fed on plicatulum hay as roughage	50

สารบาญภาพ

Figure		Page
2.1	Characteristics of crossing pisifera and dura palm and crossing pisifera with the dura palm to produce the tenera (DxP)	13
2.2	General characteristis of oil palm and utilization of oil palm products	14
2.3	Approximate amounts of principal products and by-products from the oil palm at maturity	17
2.4	Approximate amounts of principal products and by-products from the oil palm	17
2.5	Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria	25
2.6	Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen	26
2.7	Pathways of purine nucleotide catabolism (filled lines) and salvage (dashed lines)	27

การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Palm Kernel Cake in Goat Ration

บทนำ

การผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทยที่เกษตรกรระดับรายย่อยสามารถดำเนินกิจการอยู่ได้อย่างต่อเนื่อง คือ การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม กระบือ แพะ และแกะ ปัจจุบันมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ยังมีความเป็นไปได้ในการขยายขอบเขตการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องให้มากยิ่งขึ้น และเพิ่มศักยภาพการผลิตเนื้อ และน้ำนมของสัตว์ต่อตัวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นก็เป็นอีกหนทางหนึ่งในการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ คือ ปัจจัยทางด้านอาหาร (การใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมของอาหารสำหรับการเจริญ การพัฒนา และการสืบพันธุ์ เป็นต้น) (Close and Menke, 1986) สัตว์เคี้ยวเอื้อง ที่ในประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีน และพลังงานคุณภาพสูงค่อนข้างจำกัด และมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ จำเป็นต้องอาศัยแหล่งโปรตีน และพลังงานที่มีราคาแพงจากกากถั่วเหลือง ปลาป่น และข้าวโพด เป็นต้น ดังนั้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาใช้ทรัพยากรอาหารโปรตีน และพลังงานในระบบเกษตรกรรม ที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (local feed resources) หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่เหลือทิ้ง หรือมีราคาถูก มาทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง หรือขาดแคลน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสัตว์มีต้นทุนต่ำลงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำใช้ผลผลิต และผลพลอยได้ทั้งระบบให้เกิดประโยชน์สูงสุด เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถอยู่รอดได้ โดยเฉพาะปาล์มน้ำมัน และผลพลอยได้ให้มีประสิทธิภาพทั้งปริมาณ และคุณค่าทางโภชนะ เพื่อผลิตเนื้อและน้ำนมจากปาล์มน้ำมันให้มีคุณภาพสูง

ปาล์มน้ำมัน (oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชยืนต้นที่มีการปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นของโลก (เส้นรุ้ง 10° N-S) ปัจจุบันมีประเทศที่ปลูกพืชชนิดนี้ จำนวน 42 ประเทศ การขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 30 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย ซึ่งมีปริมาณการผลิตมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และสองของโลก สำหรับประเทศไทย ยังมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันน้อยอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศดังกล่าว (1.4 ล้านไร่ หรือ 0.02% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งโลก) (ธีระ, 2547) แต่ปัจจุบัน พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายตัวอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2547 พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศ ประมาณ 1,844,266 ไร่ และในปี พ.ศ. 2551 มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศรวมทั้งสิ้น 3,246,130 ไร่ โดย 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดอยู่ในเขตภาคใต้ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมาก คือ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 965,809 ไร่ รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 915,255 ไร่ และจังหวัดอื่นๆ เช่น ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ โดยในแต่ละปีจะได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่า 9,264,655 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) และแนวโน้มในอนาคตได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากปัญหาความต้องการใช้น้ำมันและพลังงานในประเทศที่สูงเพิ่มมากขึ้น และเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต ตลอดจนการได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐบาลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือก ซึ่งในกระบวนการเพาะปลูก การผลิต และการแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้จากปาล์มและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (oil palm by-products) และเศษเหลืออื่นๆ จำนวนมาก ซึ่งในประเทศไทยยังมีการวิจัย และพัฒนาการใช้ประโยชน์ด้านนี้น้อยมาก โดยเฉพาะการนำ

วัสดุผลพลอยได้มาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น ซึ่งวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดผลปาล์มน้ำมัน เช่น กากปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal, PKM หรือ palm kernel cake, PKC) เป็นต้น มีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีน และพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (พันทิพา, 2538) 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) และที่สำคัญเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นภาคใต้ที่มีศักยภายสูงในการนำไปใช้ประโยชน์ และหาได้ง่ายเหมาะที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารสัตว์โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น

แพะ (goat) เป็นสัตว์เลี้ยงที่พบเห็นอยู่ทั่วไปในภูมิภาคต่างๆ ของโลก (สมเกียรติ, 2528; ธีรพงศ์, 2536) ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการผลิตอาหารสำหรับมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแถบที่มีภูมิอากาศร้อนและแห้ง (ธีรพงศ์, 2536) โดยทั่วไปการเลี้ยงแพะในชนบทของไทยมักปล่อยให้แพะหากินเอง ซึ่งเป็นวิธีเลี้ยงที่ง่ายและลงทุนต่ำ ทำให้แพะในชนบทมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ (สมเกียรติ, 2528) เมื่อเปรียบเทียบกับการเลี้ยงในสภาพที่มีการจัดการที่ดี วินัย (2534) กล่าวว่า อัตราการเจริญเติบโตของแพะเป็นลักษณะที่สำคัญมาก เพราะเป็นสัตว์ที่มีอัตราการเจริญสูงสามารถเลี้ยงส่งขายตลาดได้เร็ว มีปัจจัยหลายประการที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกแพะหลังหย่านม ได้แก่ พันธุ์ (breed) เพศ (sex) หรือยีโนไทป์ (genotype) โรค (diseases) และพยาธิ (parasite) และการจัดการที่ไม่เหมาะสม เช่น การผสมเลือดชิด อาหารและวิธีการให้อาหาร (feed and feeding) ไม่เพียงพอทั้งในแง่คุณภาพ (quality) และปริมาณ (quantity) เป็นต้น

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ และเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีอาหารแพะร่วมกับอุตสาหกรรมการผลิตปาล์มน้ำมัน และผลพลอยได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นภาคใต้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น อันเป็นการนำวัตถุดิบในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้สัตว์มีสมรรถภาพการผลิตที่สูงขึ้น ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ตลอดจนเผยแพร่ผลงานวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการวิจัย เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการเรียนการสอน และการผลิตของเกษตรกรทั้งระดับรายย่อย และอุตสาหกรรม ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะในด้านประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน และสมดุลไนโตรเจน
3. เพื่อเป็นแนวทางการผลิตสูตรอาหารผสมครบส่วน หรืออาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) ที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสำหรับแพะ ต่อไป

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาการนำใช้ประโยชน์กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ โดยเน้นการศึกษาปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมัก นิเวศวิทยา และผลกระทบในกระเพาะรูเมน การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน และสมดุลไนโตรเจน ต่อการปรับเปลี่ยนสูตรอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเนื้อ และคุณภาพน้ำนมจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทราบระดับที่เหมาะสมของการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ ซึ่งส่งผลให้แพะมีการมีการใช้ประโยชน์ของโภชนะได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ได้องค์ความรู้ที่จะนำไปใช้แนะนำเกษตรกรในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ

3. สามารถนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน หรือพลังงานในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงแพะในภาคใต้ เพื่อทดแทนแหล่งพลังงานจากวัตถุดิบอื่นที่มีราคาสูงได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะทำให้เกษตรผู้เลี้ยงแพะใช้ต้นทุนการผลิตต่ำลง และได้ผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะสูงขึ้น

4. เกษตรกรที่สนใจสามารถผลิตอาหารข้น หรือพัฒนาสูตรอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้เลี้ยงแพะ หรือใช้เป็นส่วนประกอบร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ที่มีในภาคใต้ได้ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรในภาคใต้ใช้เลี้ยงแพะแพร่หลายมากขึ้น

5. สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ วารสารทางวิชาการทั้งระดับประเทศ และนานาชาติ

หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

เกษตรกร เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์ นักการศึกษาและนักบริหารชุมชน (อบต) อื่นๆ เช่น กองส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ กรมส่งเสริมการเกษตร ภาควิชาสัตวบาลต่างๆ ของมหาวิทยาลัย และสถาบันเกษตรกรต่างๆ เป็นต้น

การตรวจเอกสาร

สถานภาพการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีมานานแล้ว มีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่วนใหญ่เลี้ยงเพื่อใช้ในการบริโภคทั้งเนื้อ และนม แต่นิยมเลี้ยงกันมากในภาคใต้ โดยพบในหมู่ชุมชนชาวมุสลิม (ประมาณ 95%) (สมเกียรติ, 2528ก; วินัย, 2542) คนไทยเชื้อสายจีน คนไทยเชื้อสายอินเดีย และปากีสถาน แต่ก็เป็นส่วนน้อย ซึ่งการเลี้ยงยังเป็นอาชีพรอง หรืออาชีพเสริมเท่านั้น เช่น เลี้ยงไว้ใต้ถุนบ้าน ในสวนริมบ้าน ในนา ในสวนยางพารา ในสวนมะพร้าว หรือในสวนผลไม้อื่นๆ ส่วนที่จะเลี้ยงจริงๆ เป็นอาชีพหลักนั้นมีน้อยมาก จะเลี้ยงกันระหว่าง 2–5 ตัว (ที่เลี้ยงจำนวนมากๆ เป็น 100 ตัวนั้น จะเป็นผู้เลี้ยงในลักษณะกึ่งพ่อค้ากึ่งเกษตรกรที่ได้รวบรวมซื้อแพะมาเป็นจำนวนมากๆ เพื่อรอจำหน่ายต่อไปอีกทอดหนึ่ง) การเลี้ยงแพะในภาคใต้ถือเป็นส่วนหนึ่งในระบบสังคม และวัฒนธรรมของ 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเชื่อทางศาสนา ส่วนใหญ่จะเป็นชาวมุสลิมนิยมเลี้ยงกันไว้ประจำบ้าน ใต้ถุนเรือน หรือเลี้ยงไว้ไม่แสดงความเป็นเจ้าของ โดยปล่อยให้แพะหากินเองในหมู่บ้าน ตามถนนหนทาง ด้วยความศัทธา และความเชื่อมั่นในศาสนาว่า แพะเป็นสัตว์ที่เรียกว่า **“บรีกัด”** (แปลว่า สิ่งที่เป็นสิริมงคล) จึงเป็นสัตว์ชนิดเดียวที่ไม่เกิดกรณีขโมยแพะ เพราะถือว่าเป็นบาปอย่างร้ายแรง (วีรสิฐ, 2541)

สำหรับในปี พ.ศ. 2550 จำนวนแพะในประเทศไทยมีจำนวน 374,029 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2551) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายภาค พบว่าภาคใต้มีแพะมากที่สุด (53%) รองลงมาคือ ภาคกลาง (24.7%) ภาคเหนือ (20.3%) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำสุด (2.3%) ตามลำดับ

ลักษณะของแพะพื้นเมืองภาคใต้

แพะที่เลี้ยงในภาคใต้ส่วนใหญ่ เป็นแพะพื้นเมืองในภาคใต้ของประเทศไทยมีขนาดเล็ก ลักษณะคล้ายแพะพื้นเมืองแกมบิงกัตจาง (Kambing Katjang) ของประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย ลักษณะโดยทั่วไป พานิช และคำแหง (2529); สมเกียรติ (2528) รายงานว่ามีขนาดเล็ก ท่าทางคล่องแคล่วว่องไว ขนค่อนข้างสั้นเกรียนเป็นมัน และหยาบปกคลุมลางๆ ทั่วตัว ใบหูขนาดเล็กและหูผึ่งอยู่ตลอดเวลา ตั้งจมูกตรง เขามีสีเทาดำ สีขนไม่คงที่ เช่น สีดำปลอด สีน้ำตาลแถบดำ สีเทา หรือสีน้ำตาลทั้งตัว หรือแบบสีผสมเพศผู้จะมีขนยาวตั้งชันเป็นแผงที่ส่วนบนของลำคอ และขนแนวสันหลังมีสีน้ำตาลและดำ บางตัวอาจมีสีขาว หรือเหลืองปะปนลำตัวด้วย เพศผู้ส่วนใหญ่จะมีเครา ตัวเมียจะมีน้อย มีเขาทั้งเพศผู้และเพศเมีย ใบหูมีขนาดเล็กและตั้งหรือขนาดกับพื้นดิน คอสั้น ส่วนท้ายลำตัวจะสูงมากกว่าส่วนหัวไหล่ เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ (mature body weight) เพศผู้และเพศเมียมีความสูง (วัดที่หัวไหล่) ประมาณ 60-65 และ 56 เซนติเมตรตามลำดับ มีน้ำหนักประมาณ 25 และ 20 กิโลกรัม ตามลำดับ มีความยาวรอบอกเฉลี่ย 67.1 เซนติเมตร แพะพื้นเมืองมีคุณสมบัติพิเศษคือ ผสมพันธุ์ได้ทุกฤดูกาล เลี้ยงเพื่อบริโภคเนื้อเป็นหลัก ขณะที่แพะบางพันธุ์ผสมได้บางฤดูกาลเท่านั้น

นอกจากนี้ อาจจะมีแพะลูกผสม ซึ่งทางราชการ หรือเกษตรกรเองได้นำจากต่างประเทศเข้ามาเลี้ยง เช่น ลูกผสมสายเลือด Nubian ลูกผสมสายเลือด Saanen ลูกผสมสายเลือด Toggenburg ลูกผสมสายเลือด Boer และลูกผสมสายเลือด Alpine เป็นต้น ซึ่งลูกผสมจะมีรูปร่างสูงใหญ่กว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองมาก จะพบลูกผสมเหล่านี้ได้ในบางท้องที่ของภาคใต้ตอนบน และภาคใต้ตอนล่าง

รูปแบบการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

กรมปศุสัตว์ (2530); วินัย (2538) ได้กล่าวถึงลักษณะการเลี้ยงแพะโดยทั่วไปออกเป็น 4 แบบด้วยกัน คือ

1) การเลี้ยงแบบผูกล่าม (tethering) ใช้เชือกผูกล่ามคอแพะยาว 5–10 เมตร ไปผูกให้แพะกินหญ้ารอบบริเวณที่ผูก กลางคืนนำแพะกลับไปเลี้ยงในคอก หรือที่เพิงพักหลบฝน

2) การเลี้ยงแบบปล่อย (extensive grazing หรือ free-to-roam) โดยปล่อยให้แพะออกหากินในเวลากลางวัน เจ้าของจะคอยดูแลบ้าง ตอนเย็นก็ต้อนกลับเข้าคอก

3) การเลี้ยงแบบขังคอกหรือเกี่ยวหญ้าให้กิน (cut and carry) ต้องปลูกหญ้าให้แพะกิน ในคอกต้องมีน้ำและอาหารข้น ซึ่งวิธีนี้ประหยัดพื้นที่และแรงงาน แต่ลงทุนสูง เกษตรกรไม่นิยมทำ

และ 4) การเลี้ยงผสมผสานกับการปลูกพืช (integration with tree plantation) การเลี้ยงแบบนี้ทำได้ 3 ลักษณะ ดังกล่าว แต่จะเลี้ยงแพะปะปนกับการปลูกพืช เช่น ปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมันและปลูกมะพร้าว เกษตรในภาคใต้จำนวนมากที่เลี้ยงแพะควบคู่ไปกับการทำสวนยางพารา แต่ส่วนใหญ่ พบว่าการเลี้ยงแพะของเกษตรกรเกือบทั้งหมดคือ ร้อยละ 95 ซึ่งเลี้ยงไว้ 2–5 ตัว นิยมเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการเลี้ยงแบบตามยถากรรม ไม่มีคอกแพะให้อยู่อาศัยทุกตัวที่เลี้ยงจะต้องช่วยตัวเองทุกอย่างเพื่อความอยู่รอดชีวิต เสาะหาหญ้า ใบไม้ หรือสิ่งที่กินได้ด้วยตัวเอง หาที่นอนหรืออาศัยหลบแดด บังฝนเอง ส่วนใหญ่ได้แก่ใต้ถุนเรือน หรือยุ้งฉางและใต้ร่มไม้ชายคา กรณีที่เลี้ยงมากกว่า 6 ตัว แต่ไม่เกิน 10 ตัว ผู้เลี้ยงอาจทำคอกที่อยู่อาศัยบ้างเพียงบังแดดและฝนเท่านั้น องค์ประกอบอื่นไม่มี แต่สำหรับผู้เลี้ยงมากกว่า 10 ตัว จะปลูกสร้างคอกแข็งแรงมั่นคง และเป็นคอกขังแบบรวม

ประโยชน์ของการเลี้ยงแพะ

แพะมีการเลี้ยงกันแทบทุกประเทศทั่วโลก โดยมากวัตถุประสงค์หลักของการเลี้ยง คือเลี้ยงไว้เพื่อผลิตเนื้อ และนมเป็นหลัก นอกจากนี้ ก็อาจเลี้ยงไว้เพื่อการผลิตขนสำหรับทำเสื้อผ้า และเครื่องนุ่งห่ม และยังมีผลพลอยได้อื่นๆ เช่น หนัง มูล เขา และกระดูก แพะเป็นสัตว์ที่สามารถปรับตัวดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ มีพฤติกรรมในการกินอาหารต่างจากสัตว์อื่นๆ โดยกินอาหารได้หลากหลายชนิดที่น่าสนใจก็คือ แพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ หรืออาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี (วินัย, 2542) และแพะยังเป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารหยาบประเภทต้นพืชให้เป็นเนื้อ และนมได้ แพะเป็นสัตว์ที่มีความสามารถในการย่อยได้สูงเป็นเพราะจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักช่วยย่อยเยื่อใยจากพืชได้ดี ในการเลี้ยงแพะยังใช้ทุนและพื้นที่น้อย เลี้ยงง่าย ขยายพันธุ์ได้เร็ว (บุญเสริม และคณะ, 2527)

ในประเทศไทยมีการเลี้ยงแพะเพื่อวัตถุประสงค์แตกต่างกัน เรียงลำดับความสำคัญคือ เพื่อการให้เนื้อ น้ำนมและเพื่อใช้ในงานประเพณี หรืองานพิธีกรรมทางศาสนา เช่น ใช้แพะเชือดตามประเพณีของศาสนาอิสลาม หรือการเชือดเพื่อทำบุญหน้าศพของชาวจีนบางกลุ่ม เป็นต้น ชาวไทยมุสลิมนิยมใช้แพะทำ “**นูหริ**” **หรือทำบุญ** ได้แก่ การทำบุญให้บุตร หรือธิดาเพิ่งเกิด การทำบุญในพิธีแต่งงาน พิธีขึ้นบ้านใหม่ หรือแม้แต่พิธีศพก็นิยมหาแพะเพศผู้ที่มีอวัยวะต่างๆ ครบถ้วนมาประกอบในพิธีโดยไม่นิยมตอนแพะ การนำมาปรุงอาหารอาจปรุงเป็นอาหารเผ็ดประเภทแกง และคั่ว ประเภทจืด เช่น ต้ม เป็นต้น ปัจจุบันนี้ภัตตาคาร หรือร้านอาหารในเมืองจะมีรายการอาหารที่ปรุงจากเนื้อแพะ เช่น แพะตุ๋น และข้าวหมกแพะ เป็นต้น เนื่องจากมีชาวไทยเชื้อสายจีน และนักท่องเที่ยวจากประเทศเพื่อนบ้านนิยมบริโภค แต่มีราคาค่อนข้างแพง

อย่างไรก็ตาม แพะยังได้รับความสนใจน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ชนิดอื่นๆ อาจมีสาเหตุมาจาก การเลี้ยงและการบริโภคผลผลิตจากแพะมีเฉพาะในหมู่ชนจำนวนน้อย คนจำนวนไม่น้อยมีทัศนคติไม่ค่อยดีต่อแพะ เช่น แพะและเนื้อแพะมีกลิ่นแรงหรือมีการพูดในวลีที่ว่า “**แพะรับบาป**” เป็นต้น แพะเป็นสัตว์ที่ไม่สามารถใช้เป็นแรงงานได้ การเลี้ยงแพะเป็นเพียงอาชีพเสริมเท่านั้น ดังนั้น ความสนใจของผู้ที่เกี่ยวข้องต่อการเลี้ยงแพะจึงยังมีน้อย

อาหาร และประสิทธิภาพในการใช้อาหารของแพะ

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องมีระบบทางเดินอาหารคล้ายโคและกระบือ โดยมีกระเพาะรูเมนซึ่งอาศัยจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในช่วยย่อยอาหาร และสังเคราะห์ไวตามินต่างๆ ปกติแพะมีความต้องการอาหารหยาบ เช่น หญ้าสดต่างๆ ในปริมาณวันละประมาณร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัวแพะ และต้องการอาหารข้นประมาณวันละ 0.5–1.0 กิโลกรัม นอกจากนั้นแพะยังต้องการน้ำและแร่ธาตุเสริมเป็นประจำอีกด้วย แพะต้องการน้ำกินวันละประมาณ 5–9 ลิตร ความต้องการน้ำมากน้อยขึ้นอยู่กับสภาพตัวแพะและภูมิอากาศ เกษตรกรที่เลี้ยงแพะแบบพื้นบ้านมักไม่ค่อยคำนึงถึงเรื่องการจัดหาน้ำให้แพะกิน จึงทำให้มีปัญหาแพะเจ็บป่วยอยู่เสมอ สำหรับแร่ธาตุที่ให้แพะกินผู้เลี้ยงจะให้แร่ธาตุก้อนสำเร็จรูปที่มีขายอยู่ให้แพะกินก็ได้แต่ควรคำนึงด้วยว่าแร่ธาตุก้อนนั้นไม่ควรแข็งเกินไป ทั้งนี้ลิ้นของแพะสั้นกว่าลิ้นของโค การเลียแร่ธาตุแต่ละครั้งจึงได้ปริมาณที่น้อย หากจะมีการผสมแร่ธาตุสำหรับเลี้ยงแพะเองก็สามารถทำได้ เพื่อให้แพะมีผลผลิตที่สูงนั้นแพะต้องได้รับอาหารที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี หากแพะได้รับโภชนะต่างๆมากเกินไปก็มีผลเสียคือ การสืบพันธุ์ต่ำ ซากมีปริมาณไขมันมากเกินไปและต้นทุนการผลิตสูง (วินัย, 2538) สำหรับชนิดของอาหารที่แพะได้รับแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อาหารหยาบ และอาหารข้น

1. อาหารหยาบ (roughage)

อาหารหยาบหรืออาหารเยื่อใยหมายถึง พืชอาหารสัตว์ หรือผลพลอยได้ของพืชอาหารสัตว์ที่มีความเข้มข้นของโภชนะ (net energy, NE) ต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ และมีเยื่อใยสูง (มากกว่า 18% และ total digestible nutrient, TDN น้อยกว่า 50-60%) หรือมีเยื่อใยที่ไม่ละลายได้ในสารฟอกที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber, NDF) มากกว่า 35% มีการย่อยได้ต่ำ (Kearl, 1982) เป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (ruminant) และสัตว์กินพืช (herbivores) นับว่ามีบทบาท และมีความสำคัญยิ่งต่อประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ อาหารเยื่อใยโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ (เมธา, 2538)

1. พืชอาหารสัตว์ (forages, forage crops) หมายถึง พืชตระกูลหญ้า (Gramineae) และพืชตระกูลถั่ว (Leguminoseae) ที่ปลูกเพื่อวัตถุประสงค์หลักในการใช้ลำต้น และใบในสภาพสด หรือแห้งเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ โดยไม่เกิดอันตรายมี 2 ชนิด คือ pasture crops และ fodder crops

2. ผลพลอยได้ทางการเกษตร (crop-residues) เป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวพืชในฤดูกาลต่างๆ เช่น ฟางข้าว ต้นและเปลือกข้าวโพดฝักอ่อน ต้นข้าวโพดหวาน ยอดอ้อย ต้นและใบมันมันสำปะหลังแห้ง (มันเฮย์หรือ cassava hay, CH) เป็นต้น

โดยทั่วไปอาหารเยื่อใยมีลักษณะทางกายภาพที่มีความฟ่ามสูง (bulk density) มีความสามารถในการกระตุ้น และส่งเสริมการบดเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การเคี้ยวเอื้อง การพัฒนากระบวนการหมักในรูเมน และการดูดซึมของผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความสมดุล และนิเวศวิทยาที่เหมาะสมในรูเมน เมธา (2538) ได้กล่าวไว้ว่า ลักษณะของอาหารเยื่อใยที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์นั้นจำเป็นต้องมีขนาดที่เหมาะสม และคงคุณสมบัติของสารเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (effective fiber, EF) และสามารถเกิดการสานตัวในกระเพาะรูเมนได้เป็นอย่างดี

2. อาหารข้น (concentrate)

อาหารข้นเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อน้ำหนักสูง แต่มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (น้อยกว่า 18%) สามารถย่อยได้ง่าย สัตว์กินเข้าไปเพียงเล็กน้อยก็ได้สารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ในการเลี้ยงแพะควรให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่แล้วเสริมอาหารข้นเพื่อให้ได้รับโภชนะในส่วนที่ขาดไปให้เพียงพอกับความต้องการ การเสริมอาหารข้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง ยิ่งสัตว์ให้ผลผลิตสูงเท่าใดก็

ยิ่งต้องการอาหารข้นมากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์มีความต้องการโภชนะสูง การได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวแม้ว่าจะเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีและให้กินเต็มที่ ก็ยังไม่สามารถให้โภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกายได้ (บุญเสริม และคณะ, 2527) อาหารข้นที่สำคัญได้แก่ วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิด เช่น รำ ปลายข้าว ข้าวโพด ปลาป่น กากถั่ว กากมะพร้าว เป็นต้น รวมทั้งอาหารแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ อาหารข้นเป็นอาหารที่คุณค่าทางอาหารสูง ทำให้สัตว์โตเร็ว (สุชาติ, 2532) อาหารข้นแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) พวกที่เป็นแหล่งพลังงาน 2) พวกที่เป็นแหล่งโปรตีน และ 3) พวกที่เป็นแหล่งแร่ธาตุ และวิตามิน

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งที่แพะได้รับต่อวัน

ความสามารถในการกินได้ของแพะและสัตว์กระเพาะเคี้ยวเอื้องอื่นๆ ปัจจัยที่ควบคุมในการกินได้คือ ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system, CNS) และสัญญาต่างๆ เช่น การเข็นรถอาหารเมื่อถึงเวลาให้อาหาร การกินได้ของแพะจะถูกควบคุมโดยระดับพลังงานที่ได้รับเพียงพอร่วมกับระดับของ peptide hormone ปริมาณวัตถุแห้งที่แพะได้รับต่อวันในระดับอัตราร้อยละ 1.5-1.6 ของน้ำหนักตัว (Devendra, 1980) มีค่าใกล้เคียงกับความต้องการเพื่อการดำรงชีพของแพะพื้นเมืองของมาเลเซียเท่ากับร้อยละ 1.7 ของน้ำหนักตัว (Devendra, 1967) และร้อยละ 1.8 ของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำ ซึ่งต่ำกว่าผลการศึกษาของ Majamdar (1960) รายงานว่า การกินได้ของวัตถุแห้งสูงถึงร้อยละ 2.1-2.8 ของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำ

ความแตกต่างในการกินได้ของวัตถุแห้งของแพะที่โตเต็มวัยในเขตร้อนสำหรับการดำรงชีพ และเพื่อกิจกรรมอื่นๆ พบว่าแพะพื้นเมือง (indigenous goats) ทั้งพันธุ์เนื้อ และพันธุ์นมต้องการวัตถุแห้งในระดับร้อยละ 1.8-4.7 ของน้ำหนักตัวเท่ากับร้อยละ 40.5-131.0 g/kg $W^{0.75}$/d และความต้องการเพื่อการดำรงชีพพบว่าอยู่ในระดับต่ำเพียงร้อยละ 1.4-1.7 ของน้ำหนักตัว หรือเท่ากับ 43.5-46.9 g/kg$W^{0.75}$/d (Devendra, 1982a) การกินได้ของแพะในระยะอุ้มท้องพบว่า แพะพันธุ์ Kambing Katjang ต้องการอาหาร (หญ้าสด+อาหารข้น) คิดเป็นน้ำหนักแห้งร้อยละ 2.53 ของน้ำหนักตัว ความต้องการดังกล่าว พบว่าการได้รับไนโตรเจน และน้ำหนักตัวสัตว์ไม่มีความสัมพันธ์กับการกินได้ของสัตว์ แต่พลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy, DE) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable enery: ME) ที่ได้รับเป็นปัจจัยสำคัญต่อที่มีผลต่อการกินได้ (Devendra, 1982a)

สำหรับแพะในเขตอบอุ่น พบว่าการกินได้สูงกว่าแพะในเขตร้อนร้อยละ 4.0-6.8 ของน้ำหนักตัว ในแพะนมพันธุ์ซาแนน (Saanen) ในฝรั่งเศส Devendra (1982a) กล่าวว่า ปริมาณหญ้าที่แพะกินได้ในเขตร้อนมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจาก ความแตกต่างในด้านคุณภาพของหญ้า ความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ และชนิดของพืช ความแตกต่างกันดังกล่าวเนื่องมาจาก การเจริญเติบโตของหญ้าที่เป็นไปอย่างรวดเร็วในเขตร้อนชื้น และมีระดับโปรตีนไม่คงที่ ทำให้ความสามารถในการย่อยได้ต่ำลงเมื่อหญ้ามีอายุเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.1-0.2 หน่วยการย่อยได้ (digestibility units) (Minson, 1971)

เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย หากินเก่ง กินอาหารได้หลายประเภท และทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ทุรกันดารได้ดี (สมเกียรติ, 2528) โดยทั่วไปลักษณะการเลี้ยงแพะในชนบทไทยมี 3 วิธี คือ เลี้ยงแบบปล่อย เลี้ยงแบบผูกล่าม และเลี้ยงแบบขังคอก ในบางท้องที่ จะใช้วิธีการเลี้ยงแพะแบบผสมผสานกันทั้ง 3 วิธี (สมเกียรติ, 2528) แพะส่วนใหญ่ที่เลี้ยงกันอยู่ในชนบทของประเทศไทย เป็นแพะพื้นเมือง การเลี้ยงแพะโดยทั่วไป จึงอาศัยอาหารที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติไม่มีการให้อาหารเสริม (สมเกียรติ, 2528ก) ซึ่งการเลี้ยงแพะให้ได้ผลผลิตดีนั้น แพะจะต้องได้รับโภชนะที่จำเป็นในระดับที่เหมาะสม และผู้เลี้ยงต้องมีความเข้าใจระบบการย่อยอาหารของแพะ ความต้องการโภชนะสำหรับผลผลิตระดับต่างๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความอยากอาหาร หรือปริมาณอาหารที่แพะจะกินได้เองและองค์ประกอบ และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารชนิดต่างๆ (ธีรพงศ์,

2536) อาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของแพะซึ่ง Sengar (1975) รายงานการศึกษาระดับของอาหาร (พลังงาน-โปรตีน) 3 แบบ คือ พลังงานและโปรตีนระดับสูง พลังงานและโปรตีนระดับกลาง และพลังงานและโปรตีนระดับต่ำ พบว่าในแพะพันธุ์บาร์บาริในช่วง 2 อายุที่ทดลอง (0-6 เดือน) และ (0-14 เดือน) แพะที่ได้รับอาหารพลังงานและโปรตีนระดับสูง และพลังงานและโปรตีนระดับกลาง มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแพะกลุ่มที่ให้พลังงาน และโปรตีนระดับต่ำกว่า

Devendra (1979) ศึกษาผลการปรับปรุงด้านอาหาร และการให้อาหารต่อประสิทธิภาพในการผลิตของแพะพบว่า แพะที่ได้รับอาหารและการจัดการที่ดี ทำให้แพะให้ผลผลิตต่างๆ เช่น น้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า น้ำหนักซากอุ่น เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักเนื้อ น้ำหนักขาหน้า ขาหลังและน้ำหนักซากที่กินได้และที่ขายได้ ดีกว่าแพะที่ไม่ได้รับอาหารเสริม ส่วนอิทธิพลของอาหารต่อการสืบพันธุ์ Sachdeva et al. (1973) รายงานการศึกษาในแพะพันธุ์จัมนาปารี ให้อาหาร 2 แบบ คือ ระดับพลังงานและโปรตีนในอาหารสูงและระดับพลังงานและโปรตีนในอาหารต่ำพบว่า แพะที่ได้รับพลังงานและโปรตีนในอาหารสูง ให้จำนวนลูกที่เกิดทั้งหมด จำนวนลูก/แม่/ปี จำนวนแม่ที่คลอดลูก การให้ลูกแฝดสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับระดับพลังงานและโปรตีนต่ำ

ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของแพะ

ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของแพะ แม้ว่าจะมีรายงานเกี่ยวกับส่วนนี้น้อยก็พอจะกล่าวสรุปได้ว่าแพะเป็นสัตว์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารที่สูงกว่าแกะ โคและกระบือ โดยเฉพาะอาหารพวกเซลลูโลส (cellulose) (Devendra and Burns, 1983) แต่มีบางรายงานที่พบว่า แกะมีความสามารถย่อยอาหารได้สูงกว่าแพะ เหตุผลบางประการที่สามารถสนับสนุนการย่อยได้ดีที่สุดของแพะ อาจเนื่องมาจาก แพะมีระบบทางเดินอาหารที่มีความยาวใกล้เคียงกับแกะ (2.2-4.3 เมตร) อัตราการไหลผ่านของอาหารในระบบทางเดินอาหารจากการศึกษาโดยใช้หญ้าแห้ง (hay: 35-900 กรัม/วัน) เป็นตัวทำเครื่องหมาย (marker) พบว่าระยะเวลาที่อาหารอยู่ในระบบทางเดินอาหารโดยเฉลี่ย 36.0-38.0 ชั่วโมง (Castle, 1956)

จากรายงานการศึกษาของ Devendra (1982b) พบว่าการใช้ Cr_2O_3 เป็นตัวทำเครื่องหมาย ระยะเวลาที่อาหารอยู่ในระบบทางเดินอาหารของแพะยาวนานกว่าของแกะอย่างมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ประมาณ 7.3 ชั่วโมง

อัตราการหมักในกระเพาะรูเมน (rumen fermentation) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารหยาบของแพะ แพะจะมีอัตราการหมักในกระเพาะรูเมนที่สูงกว่าแกะในอาหารหยาบคุณภาพต่ำ (El-Hag, 1976) แพะกินอาหารดีกว่าถึง 8.1 ครั้งต่อวันเมื่อเปรียบเทียบกับแกะเพียง 6.0 ครั้งต่อวัน แต่มีรายงานพบว่าอัตราการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะ และแกะไม่แตกต่างกันจากการศึกษาในเคนยา (Kenya)

นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นที่มีผลต่อความสามารถในการใช้อาหารที่มีประสิทธิภาพของแพะ ความแตกต่างในการขับน้ำลายซึ่งรวมทั้งวัฏจักรของยูเรีย (urea cycle) ที่สูงกว่าของแพะย่อมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารที่สูงกว่าของแพะ Seth et al. (1976) พบว่าเมื่อให้อาหารชนิดเดียวกัน แพะหลั่งน้ำลายมากกว่าแกะ ขณะที่ Harmeyer and Martens (1980) กล่าวว่าแพะมีความสามารถหลั่งน้ำลายได้มาก ทำให้สามารถนำยูเรียมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แพะจึงสามารถทนต่ออาหารที่มีคุณภาพต่ำ และการใช้อาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำได้ดีกว่าแกะ นอกจากนี้ แพะยังสามารถแยกแยะรสชาติต่างๆ ได้ดีกว่าแกะ โดยแพะสามารถทนต่อรสขมได้ดีกว่าแกะและโค (Goatcher and Church, 1970)

ผลของอาหารข้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต

Mtenga and Kitalyi (1990) ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์แทนซาเนีย (Tanzania) อายุ 7-12 เดือน ที่ได้รับหญ้าแห้งเป็นอาหารหยาบที่มีโปรตีนรวม 4.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับอาหารข้น 4 ระดับ คือ 1)

ได้รับหญ้าแห้งอย่างเดียว 2) ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 120 กรัมต่อวัน 3) ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 150 กรัมต่อวัน และ 4) ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 177 กรัมต่อวัน พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโต (22.6 กรัมต่อวัน) ต่ำกว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 120, 150 และ 177 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (44.6, 52.8 และ 62.5 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 177 กรัมต่อวัน (8.8 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) มีแนวโน้มสูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งอย่างเดียว (22.8 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และแพะที่ได้รับหญ้าแห้งและอาหารข้นเสริมโปรตีน 120 และ 150 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (12.2 และ 11.7 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ Kochapakdee et al. (1994) ได้ศึกษาผลของระดับอาหารข้นต่อการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมือง แพะลูกผสม 25 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน × 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง แพะลูกผสม 50 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน × 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง และแพะลูกผสม 75 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน × 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง เพศเมีย ที่แทะเล็มในแปลงหญ้าผสมถั่ว โดยให้แพะได้รับอาหารข้นที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าและเสริมอาหารข้นในระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 3 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าและเสริมอาหารข้นในระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 120 วัน พบว่าการเจริญเติบโตของแพะทั้ง 2 พันธุ์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้นในระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (33 กรัมต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ไม่ได้รับการเสริมอาหารข้น (13 กรัมต่อวัน) หรือเสริมอาหารข้นในระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (18 กรัมต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้นในระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ได้รับโปรตีน และพลังงานจากอาหารข้นมากเพียงพอที่จะแสดงศักยภาพในการเจริญเติบโตออกมา จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าแพะที่ไม่ได้รับการเสริมอาหารข้น ส่วนสาเหตุที่อัตราการเจริญเติบโตของแพะลูกผสม 75 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน × 50เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง ไม่แตกต่างจากแพะพื้นเมือง อาจเนื่องมาจากโภชนะที่ได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการของแพะลูกผสม 75 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน × 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง

Haddad (2005) ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนของพืชอาหารสัตว์ต่ออาหารข้นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต การย่อยได้ของโภชนะ และคุณลักษณะซากของลูกแพะพันธุ์บาลาดี (Baladi) เพศผู้ จำนวน 32 ตัว โดยสุ่มแพะออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 8 ตัว ให้ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูป (โปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์) ที่ใช้หญ้าอัลฟัลฟา (alfalfa) แห้งร่วมกับอาหารข้น 4 สูตร คือ HF(60:40), MHF(45:55), MLF(30:70) และ LF(15:85) ตามลำดับ ที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2.39, 2.56, 2.73 และ 2.90 เมกกะแคลอรี่ ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้หญ้าอัลฟัลฟาแห้งร่วมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 45:55 และ 30:70 มีปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (70.1 และ 73.2 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่า ($P<0.05$) แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้หญ้าอัลฟัลฟาแห้งร่วมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 60:40 และ 15:85 (65.3 และ 61.6 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ส่วนปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้และโปรตีนรวมที่กินได้ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้หญ้าอัลฟัล-ฟาแห้งร่วมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 45:55, 30:70 และ 15:85 มีปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (1.65, 1.85 และ 1.74 เมกกะแคลอรี่ต่อวัน ตามลำดับ) และโปรตีนรวมที่กินได้ (102, 109 และ 98 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่า ($P<0.05$) แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้หญ้าอัลฟัลฟาแห้งร่วมกับอาหารข้นในอัตราส่วน 60:40

(1.40 เมกกะแคลอรี่ต่อวัน และ 94 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) สอดคล้องกับรายงานของ Mahgoub et al. (2000) ที่รายงานว่า แกะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีอัตราส่วนของอาหารข้นสูงกว่าพืชอาหารสัตว์ จะทำให้แกะมีปริมาณพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่กินได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีอัตราส่วนของอาหารข้นต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์

Hango et al. (2007) ทำการศึกษาผลของระดับอาหารข้นต่ออัตราการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์แอฟริกัน (African) เพศผู้ตอน โดยแบ่งกลุ่มแพะออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 8 ตัว คือ กลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ให้ได้รับหญ้า Chloris gayana hay เป็นอาหารหยาบอย่างเต็มที่ร่วมกับเสริมอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 12, 18 และ 24 กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ เป็นเวลา 115 วัน และกลุ่มที่ 4 คือ แพะที่ถูกฆ่าก่อนทำการทดลองเพื่อนำมาเปรียบเทียบลักษณะซากกับแพะกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 ผลการศึกษาพบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นในระดับ 18 และ 24 กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน มีอัตราการเจริญเติบโต (44.5 และ 50.5 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (14.7 และ 13.4 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นในระดับ 12 กรัมวัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (29.2 กรัมต่อวัน และ 42.9 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

Solomon and Simret (2008) ได้ศึกษาผลการเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลีต่ออัตราการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์โซมาลี (Somali) เพศผู้ โดยสุ่มแพะออกเป็น 4 กลุ่มๆ ละ 6 ตัว ให้ได้รับหญ้าแห้งอย่างเต็มที่เสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี (3:1) 4 ระดับ คือ ได้รับหญ้าแห้งเพียงอย่างเดียว (กลุ่มที่ 1) ได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 200 กรัม (กลุ่มที่ 2) ได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 300 กรัม (กลุ่มที่ 3) และได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 400 กรัม (กลุ่มที่ 4) พบว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 400 กรัม มีปริมาณวัตถุแห้งและโปรตีนรวมที่กินได้ เท่ากับ 72.16 และ 17.19 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ สูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าแห้งเพียงอย่างเดียว (56.34 และ 3.94 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) แพะที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 200 กรัม (58.65 และ 10.20 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) และแพะที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมกากถั่วลิสงร่วมกับรำข้าวสาลี 300 กรัม (66.66 และ 14.04 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

โดยสรุปจากผลการศึกษาการเสริมอาหารข้นในแพะ พบว่าแพะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้แพะมีเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอาหารข้นเป็นอาหารที่สามารถย่อยและดูดซึมได้ง่าย ดังนั้นการเลี้ยงแพะมีความจำเป็นในเสริมอาหารข้นที่เหมาะสมเพื่อให้แพะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการเลี้ยงแพะในเชิงการค้า ที่ต้องการให้แพะมีน้ำหนักเพิ่มที่รวดเร็ว

ข้อมูลทางสรีรวิทยาของแพะ

ข้อมูลทั่วไปทางสรีรวิทยาที่ปกติของแพะ

ระดับปกติของ serum albumin ในแพะที่รายงานอยู่ในช่วง 2.7-3.9 g/dl (Kaneko, 1980) การสูญเสียการทำหน้าที่ของตับสามารถเกิดขึ้นได้จากสภาวะกลูโคสในเลือดต่ำ (hypoglycemia) โดยปกติระดับของกลูโคสในเลือดในแพะที่มีรายงานอยู่ในช่วง 50-75 mg/dl (Kaneko, 1980) (Table 2.1) เมื่อแพะอยู่ในสภาพสมดุลพลังงานเป็นลบ (negative energy balance) มักเกิดในช่วง pregnancy toxemia หรือ lactational ketosis ตับจะเพิ่มการผลิตสาร ketone bodies ซึ่งสามารถตรวจพบได้ใน serum น้ำนมหรือปัสสาวะ ส่วน

ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือด (blood ammonia) สามารถตรวจพบได้บ่อยๆ แต่มีค่าไม่แน่นอน มีรายงานว่าแอมโมเนียในกระแสเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นในแพะที่เป็นโรคเกี่ยวกับตับ (liver disease) โดยเฉพาะเมื่อปรากฏอาการ neurologic signs ซึ่งเกี่ยวข้องกับอาการเกิด hypoglycemia, hyperammonemia, accumulation of neurotoxic substances มีผลทำให้ระบบการกำจัดสารพิษของตับล้มเหลว (failure of liver detoxification) ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดโดยเฉลี่ยในแพะปกติที่มีการรายงานอยู่ในช่วง 40.2-43.7 mmol/l (Kaneko, 1980) หรือประมาณ 23.71-25.78 µmol/l

Table 2.1 Parameters in the normal goat from selected reports worldwide

Goat description	Quantities (S.I. units)	Other units
Temperature	39.4 ^{0}C (38.4-40.6 ^{0}C)	
Pulse rate	70-90 time/ min.	
Respiratory rate	15-30 time/ min.	
Urine		
pH	7.0-8.0	
Volume	10-40 ml./kg BW head/d	
Semen		
Volume	0.5-2.5 ml.	
Density or Concentration of semen	1-5 x 10 ^{9} / ml.	
Pregnant	150 days	
Blood parameter		
Packed cell volume	280-350 ml. / l. blood	28-35 mg/dl
Total protein	60-78.5 g/ l. serum	
Albumin	32.5-49 g / l. serum	
Globulin	23-46 g / l. serum	
Ketone	100 ml. / l. blood	
Non-esterified fatty acids, NEFA	226 µmol/l. plasma	
glucose	2.2-3.3 mmol/l plasma	39.6-59.5 mg/dl[1]
glucose	2.77-4.16 mmol/l	50-75 mg/dl
Blood ammonia	40.2-43.7 mmol/l	23.7-25.8 µmol/l[2]
Urea nitrogen	4-9.9 mmol/l plasma	11.2-27.7 mg/dl[3]
Calcium	2.4-2.6 mmol/l serum	9.6-10.4 mg/dl
Magnesium	1.0-1.4 mmol/l serum	2.4-3.4
Potassium	3.5-6.3 mmol/l serum	no change
Chloride	100-120 mmol/l serum	no change
Phosphorus	1.2-2.5 mmol/l serum	3.7-7.7 mg/dl

ที่มา: Lloyd (1982); Kaneko (1980)

[1] mg/dl = mmol/l * 0.0555

[2] µmol/l = mmol/l * 0.59

[3] mg/dl = mmol/l * 0.357

ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมันและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แหล่งผลิตปาล์มน้ำมันของโลกและประเทศไทย

ปาล์มน้ำมัน (oil palm) เป็นพืชที่มีถิ่นเดิมอยู่ในแถบอัฟริกาตะวันตก (West Africa) ซึ่งได้มีการนำมาปลูกครั้งแรกในมาเลเซียในปี 1870 เพื่อใช้เป็นไม้ประดับ และเริ่มปลูกเป็นพืชทางการเกษตรเพื่อการค้าในปี 1917 ที่ Tennamaran Estate รัฐสลังงอร์ (Tate, 1996) รัฐบาลมาเลเซียได้ริเริ่มขยายเป็นอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มอย่างจริงจังในช่วงปี 1960 เพื่อให้สอดคล้องกับโครงการความหลากหลายทางเกษตรกรรม (Program of Agricultural Diversification) ของมาเลเซีย และเพื่อเพิ่มรายได้อื่นนอกเหนือจากรายได้ที่ได้จากการส่งออกยางพารา ปัจจุบัน มาเลเซียสามารถผลิตน้ำมันปาล์มได้เป็นอันดับสองของโลก (ปี 2007 มาเลเซียมีปริมาณการผลิต 15,400,000 ตัน จาก 38,662,000 ตัน หรือร้อยละ 39.83 ของการผลิตของโลก) รองจากประเทศ

อินโดนีเซีย (Table 2.2) โดยผลิตได้คิดเป็นร้อยละ 44.43 (17,180,000 ตัน) ของการผลิตของโลก จึงทำให้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย (Harcharan Singh, 1976)

ส่วนประเทศไทยผลิตได้มากเป็นอันดับสามของโลก โดยในปี 2007 ผลิตได้ 950,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 2.46 ของการผลิตโลก เพิ่มขึ้นจากปี 2006 ซึ่งมีปริมาณการผลิต 850,000 ตัน ร้อยละ 11.76 จากข้อมูลพบว่า ปริมาณการผลิตของไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ประกอบกับรัฐบาลได้กำหนดนโยบาย โดยใช้น้ำมันปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ได้จากแหล่งธรรมชาติเป็นวาระแห่งชาติ โดยตั้งเป้าขยายพื้นที่ปลูกให้ได้ 10 ล้านไร่ ภายในปี พ.ศ. 2572 โดยปลูกเพิ่มปีละ 400,000 ไร่ แบ่งดำเนินการเป็น 5 ระยะๆ ละ 5 ปี ในช่วง 5 ปีแรก (พ.ศ. 2547-2552) ตั้งเป้าพื้นที่ปลูกทั่วประเทศเพิ่มขึ้นจาก 2.04 เป็น 3.67 ล้านไร่ (พรชัย, 2549)

Table 2.2 World production and annual production of oil palm products, 1990-2007 ('000 tonnes)

Country	Year								
	1990	1995	1999	2000	2003	2004	2005	2006	2007
Brazil	66	75	92	108	129	142	160	170	190
Cameroon	125	125	132	136	142	146	154	160	170
Columbia	232	353	501	524	527	632	661	711	775
Costa Rica	63	90	122	137	155	180	210	198	220
Cote d'Ivoire	224	300	264	278	240	270	320	330	320
Ecuador	127	178	263	218	262	279	319	345	370
Ghana	85	102	110	108	108	114	117	121	125
Honduras	74	76	90	101	158	170	180	195	210
Indonesia	2,413	4,220	6,250	7,050	10,600	12,380	14,100	16,080	17,180
Malaysia	6,095	7,810	10,554	10,842	13,355	13,976	14,962	15,881	15,400
Nigeria	580	660	720	740	785	790	800	815	835
Papua New Guinea	133	225	264	336	326	345	310	365	380
Thailand	199	316	560	525	690	735	700	850	950
Others	611	681	342	764	782	828	853	930	987
Total	11,027	15,211	20,264	21,867	28,259	30,987	33,846	37,151	38,662

ที่มา: Ministry of Plantation Industries and Commodities, Malaysia (2009)

ประเทศไทยเริ่มนำปาล์มน้ำมันเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกตั้งแต่สมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 และมีการปลูกปาล์มน้ำมันเชิงการค้าเป็นครั้งแรกที่ จ. กระบี่ และสตูล เมื่อปี พ.ศ. 2511 จากนั้นได้กระจายออกสู่จังหวัดอื่นๆ ในภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร สุราษฎานี ระนอง พังงา ตรัง สงขลา และพัทลุง เป็นต้น ปาล์มน้ำมันที่นิยมปลูกในประเทศไทยคือ ปาล์มน้ำมันแอฟริกัน สำหรับชนิดที่นิยมปลูกเป็นการค้า คือ *Elaeis guineensis* ซึ่งสามารถจำแนกได้เป็น 3 พันธุ์ ตามลักษณะความหนาของกะลา (endocarp or shell) และเปลือก (mesocarp) คือ 1) พันธุ์ดูรา (Dura) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาหนา (2.2-8 มิลลิเมตร) มีเปลือกนอกบางปานกลาง (35-55% of fruit weight) 2) พันธุ์ฟิสิเฟอร์รา (Pisifera) เป็นพันธุ์ที่มีกะลาบางมากหรือไม่มี และมีเปลือกนอกหนากว่าพันธุ์ดูร่า (95% of fruit weight) และ 3) พันธุ์เทเนอรา (Tenera) เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์ดูร่าและฟิสิเฟอร์ร่า (Figure 2.1) ซึ่งนิยมปลูกทางการค้าในประเทศไทย (ศิริชัย, 2532; Morad and Mustafa, 1997) ให้เปลือกชั้นนอกหนา (60-95% of fruit weight) มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง มีกะลาบาง (0.5-3 มิลลิเมตร) (Latiff, 2000) ผลดิบมีสีดำเมื่อสุกจะมีสีส้มแดง ให้ทะลายดกกว่าแบบดูรา (เอกชัย, 2548)

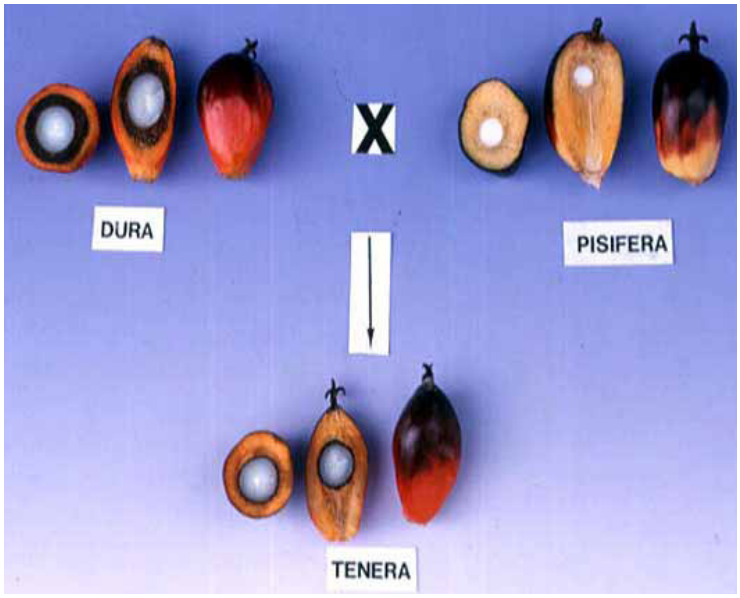


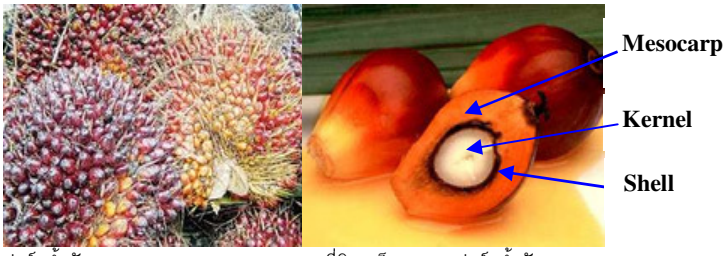
Figure 2.1 Characteristics of crossing pisifera and dura palm and crossing pisifera with the dura palm to produce the tenera (DxP)
ที่มา: Hartley (1988)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (oil palm) จัดอยู่ในสกุล *Elaeis* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Elaeis sp.* สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ 1) *Elaeis guineensis* หรือปาล์มน้ำมันแอฟริกัน (African counterpart) 2) *Elaeis oleifera* (H.B.K) หรือปาล์มน้ำมันอเมริกัน (American oil palm) พบมากแถบอเมริกาใต้ และอเมริกากลาง และ 3) *Elaeis odora* (ศิริชัย, 2532; Morad and Mustafa, 1997)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชตระกูลปาล์ม (Palmae) เช่นเดียวกับมะพร้าว จาก อินทผาลัม และตาลโตนด เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นตั้งเดี่ยวตรง สูงประมาณ 15–20 เมตร ไม่แตกกิ่งแขนง มีใบ เป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ใบเป็นรูปขนนกคล้ายใบมะพร้าว แต่ละทางใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ก้านทางใบและใบย่อย ก้านทางใบใหญ่และยาวเป็นกาบหุ้มลำต้น มีลักษณะคล้ายใบมะพร้าว ออกดอกเป็นช่อ เป็นจั่นแยกสาขาเป็นทลาย ช่อดอกมีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่แยกกันคนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) เป็นพืชผสมข้ามตัวเอง (cross-pollinated) ในแต่ละต้นจะเกิดช่อดอกได้ประมาณ 10-15 ช่อดอก มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 24-30 เดือน หลังจากปลูก แต่ละต้นให้ทลายปาล์มสด 15 ทลาย แต่ละทลายมีน้ำหนักประมาณ 15-20 กิโลกรัมต่อทลาย ขึ้นกับวิธีการปลูก และอายุของปาล์ม ส่วนผล มีผลเป็นทะลายประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลาย และผล (fruitlets) มีประมาณ 1000-1300 ผลต่อทลาย แต่ละผลประกอบด้วยชั้นเปลือก (meoscarp layer) และชั้นกะลา (endocarp หรือ shell) ภายในมีเนื้อขาว ๆ (kernel) (Figure 2.2) ปาล์มน้ำมันมีระบบรากแบบ fibrous root system โดยรากเกือบทั้งหมดเจริญตามแนวนอนระดับใกล้ผิวดิน ความลึกประมาณ 2 เมตร การปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อการค้าจะต้องการทะลายปาล์ม เปลือกนอก กะลา และเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นหลัก

(ก) ต้นปาล์มน้ำมัน (oil palm tree) และทลายปาล์มน้ำมัน (fruit bunches) ที่ติดเมล็ดปาล์มน้ำมัน



(ข) ทลายปาล์มน้ำมันสด (fresh fruit bunches, FFB) ที่ติดเมล็ด และผลปาล์มน้ำมันสด (fresh fruitlet)

(ค) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่หีบด้วยเกลียวอัด (PKC) (ง) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมี (PKM)

(ง) เปลือกส่วนเยื่อใยปาล์มน้ำมัน (palm press fiber) (ฉ) กะลาปาล์มน้ำมัน (palm shell as solid fuel)

(จ) ทางใบปาล์มน้ำมัน (oil palm front) (ช) กะลาปาล์มน้ำมันอัดเม็ด (pellets as solid fuel)

(ฉ) ผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำจากปาล์มน้ำมัน (variety of palm oil-based food products)

(ช) ผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ ที่ทำจากปาล์มน้ำมัน (related manufacturing, biofuel fuel, neutraceuticals)

Figure 2.2 General characteristis of oil palm and utilization of oil palm products
ที่มา: ธีระ และคณะ (2546); สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร (2548)

ผลปาล์มน้ำมันประกอบด้วยชั้นนอกสุดคือ ชั้น exocarp มีลักษณะบางและมีสีแตกต่างตามพันธุ์ ชั้นถัดมาคือ ชั้น mesocarp เป็นชั้นเปลือกที่นำมาสกัดน้ำมันปาล์มที่เรียกว่า palm oil ถัดมาคือชั้นกะลา (shell) และชั้นในสุดคือ ชั้น endocarp หรือที่เรียกว่า เมล็ดใน (kernel) ที่นำมาสกัดน้ำมันที่เรียกว่า palm kernel oil และผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันจากส่วนนี้คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันซึ่งมีปริมาณ 45-56 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อเมล็ดในปาล์ม (Devendra, 1977) (Figure 2.3) ซึ่งใกล้เคียงกับที่ Ahmad (1988) รายงานว่ามีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันน้ำมัน 2-2.2 เปอร์เซ็นต์ของผลปาล์มน้ำมันทั้งทลาย หรือประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

การสกัดน้ำมันซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ แบบที่ 1) การหีบเมล็ดปาล์มทั้งผล วิธีนี้ผลพลอยได้คือ กากปาล์มน้ำมันที่ได้จะมีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงมาก (Table 2.3) มีคุณค่าทางอาหารต่ำไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว และแบบที่ 2) เป็นการหีบโดยแยกเอาส่วนเปลือกไปหีบเอาน้ำมันส่วนหนึ่ง ในขณะเดียวกันส่วนเนื้อในเมล็ดก็นำมาหีบได้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันจากส่วนเนื้อในรวมกะลาหรือเนื้อล้วนๆ นี้ เราสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยวได้ดี (วินัย และคณะ, 2526) รวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ขั้นตอนในการผลิตน้ำมัน และกากที่ได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม แสดงดัง Figure 2.3 และ 2.4 (Devendra, 1977; Babjee (1988) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน มีประมาณ 45-46 % (Devendra, 1977)

Table 2.3 Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis)

ส่วนประกอบ (%)	กากผลปาล์ม	กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน
ความชื้น	12.82	9.67
โปรตีน	7.08	10.18
ไขมัน	6.91	10.22
เยื่อใย	30.51	21.14
เถ้า	4.55	4.25
แคลเซียม	-	0.25
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้	-	0.58

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2544)

ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จินดา (2548) กล่าวว่า ในกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจะได้ผลผลิต 2 ประเภท คือ

1. ผลผลิตโดยตรง คือ น้ำมันปาล์มมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2.3) ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ได้จากเปลือก เรียกว่า palm oil (PO) มีสีเข้ม และมีความหนืดตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงหนืดมาก และชนิดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel oil) มีสีจางกว่าชนิดแรก อาจมีสีเหลืองอมน้ำตาล และมีความหนืดระดับปานกลาง องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันถั่วเหลือง

จากข้อมูลการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์ม พบว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสดงดัง Table 2.4 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของปราณี

(2540) ซึ่งพบว่าในน้ำมันปาล์มประกอบด้วย กรดพาล์มิติก ปริมาณสูงสุดร้อยละ 38-52 ของกรดไขมันทั้งหมด รองลงมาคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอลีอิก (oleic acid) ร้อยละ 34-46 และกรดไลโนลีอิก (linoleic acid) ร้อยละ 8-17 ของกรดไขมันทั้งหมด และพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัวพวกกรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) กรดไมริสติก (myristic acid C14:0) กรดอราชิดิก (arachidic acid, C20:0) และกรดลอริก (lauric acid) กับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพวกกรดพาล์มิโตลีอิก (palmitoleic acid, C16:1) และไลโนลีอิก อีกในปริมาณเล็กน้อย รวมกันประมาณ ร้อยละ 10 ของกรดไขมันทั้งหมด

Table 2.4 Fatty acid compositions of palm oil products, soy oil and coconut oil

Fatty acids	Weight percentage						
	Palm oil	Palm olein	Palm stearin	Palm kernel oil	Palm kernel olein	Coconut oil	Soy oil
C6:0	-	-	-	0.3	0.4	0.2	-
C8:0	-	-	-	4.4	5.4	8.0	-
C10:0	-	-	-	3.7	3.9	7.0	-
C12:0	0.2	0.2	0.3	48.3	49.5	48.2	-
C14:0	1.1	1.0	1.3	15.6	11.8	18.0	-
C16:0	44.0	39.8	55.0	7.8	8.4	8.5	6.5
C18:0	4.5	4.4	5.1	2.0	2.4	2.3	4.2
C18:1	39.2	42.5	29.5	15.1	22.8	5.7	28.0
C18:2	10.1	11.2	7.4	2.7	3.3	2.1	52.6
Others	0.8	0.9	0.7	0.1	0.1	-	8.0

ที่มา: Salmiah (2000)

2. ผลพลอยได้ ได้แก่

2.1 ทะลายปาล์ม (bunch trash) มีประมาณ 55-58 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งทะลายที่แยกจากผลปาล์มหลังจากอบแล้ว และจะถูกนำเข้าเตาเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ออกมาเป็นขี้เถ้า และใช้เป็นปุ๋ย

2.2 กากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF และ palm empty fruit bunch, PEFB) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มที่หีบน้ำมันออกแล้วมีประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของปาล์มทั้งทะลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน

2.3 เนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel) เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือก และกะลาออกแล้วมีประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ (มีปริมาณน้อยสุดเมื่อเทียบกับผลพลอยได้อื่นๆ) เมื่อนำมาหีบน้ำมันออก กากที่เหลือมีลักษณะแห้งและแข็งอาจเป็นแผ่น หรือเป็นผงละเอียด มี 2 ชนิด 1) palm kernel cake/ expeller (PKC/E, screw pressing) และ 2) palm kernel meal (PKM, solvent extraction) มีคุณค่าทางอาหารสูง ความแตกต่างของผลพลอยได้ทั้ง 2 ชนิด คือปริมาณสารเยื่อใย และไขมันในผลพลอยได้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

2.4 กะลาปาล์ม (palm nut shell, PNS) มีลักษณะคล้ายกะลามะพร้าว ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานมีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทั้งทะลาย ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงาน

2.5 กากตะกอนปาล์มน้ำมัน (palm oil sludge, POS หรือ palm oil meal effluent, POME) เป็นของเหลือที่เป็นของเหลวจากโรงงานปาล์ม มีประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (เมื่ออยู่ในสภาพแห้ง)

คุณค่าทางโภชนะของกากปาล์มน้ำมัน

กากปาล์มที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) กากผลปาล์มทั้งผล หรือกากปาล์มน้ำมัน และ 2) กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

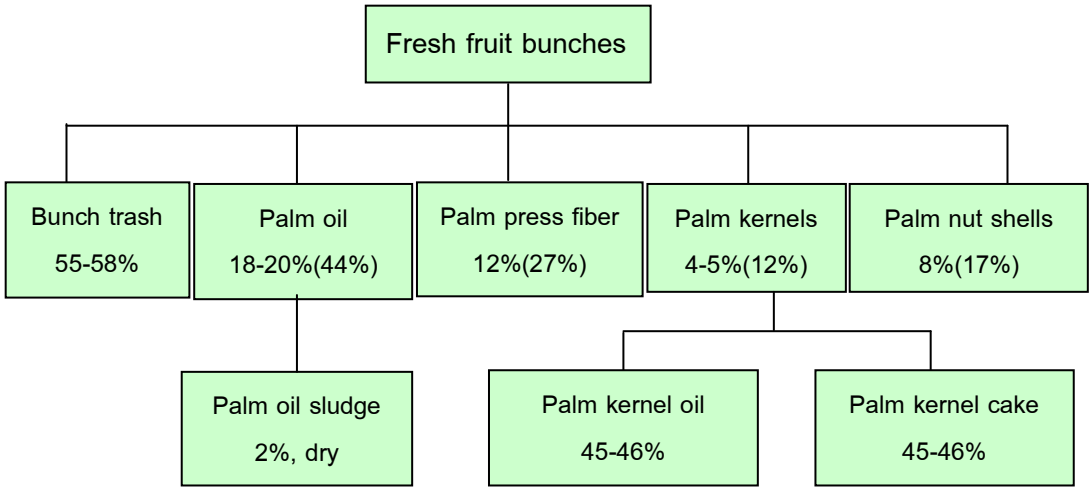


Figure 2.3 Approximate amounts of principal products and by-products from the oil palm at maturity
ที่มา: Devendra (1977)

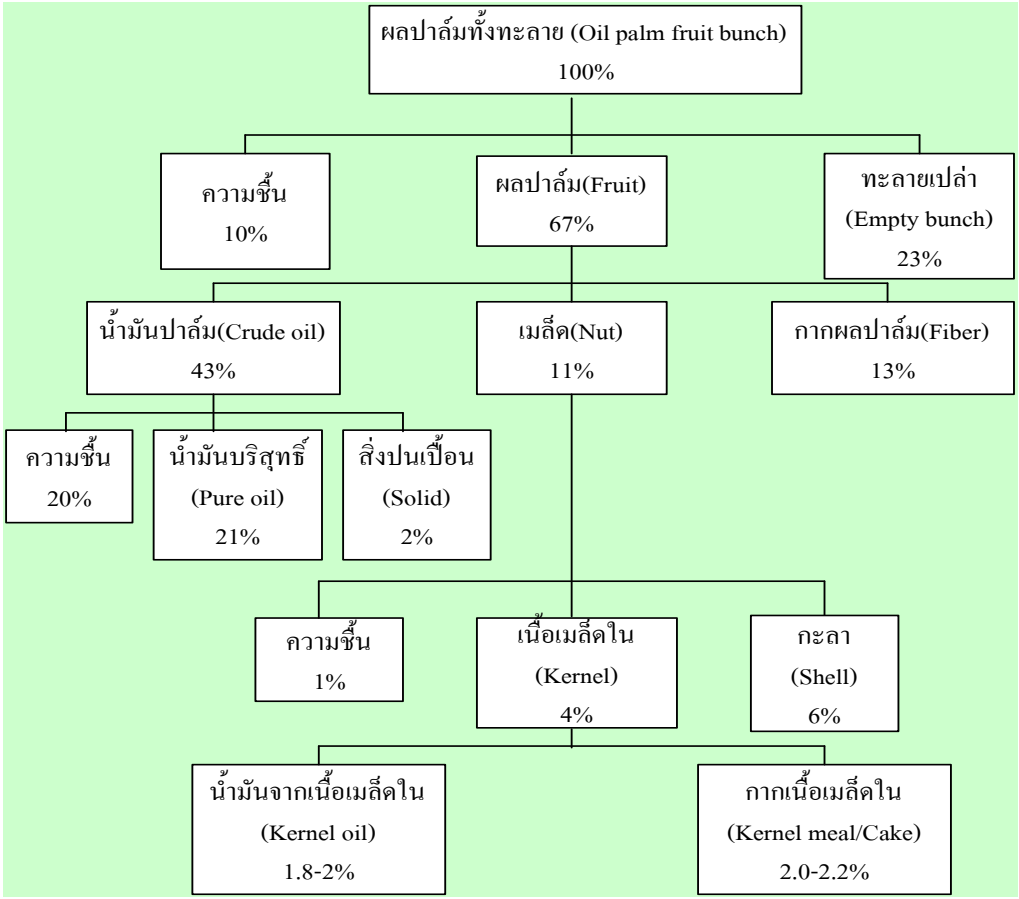


Figure 2.4 Approximate amounts of principal products and by-products from the oil palm
ที่มา: ดัดแปลงจาก Babjee (1988)

กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน ส่วนกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์ม ซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน ซึ่งคุณค่าทาง

โภชนะของกากผลปาล์ม และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน แสดงดัง Table 2.3 พบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีโปรตีนสูงกว่าแต่มีเยื่อใยต่ำกว่ากากปาล์มน้ำมัน

อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล และวิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์ แสดงดัง Table 2.5

Table 2.5 Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis) by methods of extraction process

วิธีสกัดน้ำมัน	ปริมาณโภชนะ(%)								ที่มา
	ความชื้น	โปรตีน	ไขมัน	เยื่อใย	เถ้า	Ca	P	พลังงาน (kcal/g)	
วิธีกล	5.5	13.3	22.5	15.3	3.0	0.20	0.53	5.16 (GE)	ทวีศักดิ์ (2529)
	7.1	12.7	10.8	15.2	3.3	0.24	0.58	4.83 (GE)	นิวัต (2531)
	8.1	14.4	10.2	14.8	3.3	0.24	0.58	4.42 (GE)	นิวัต (2531)
	6.1	12.9	15.7	14.1	2.9	0.18	0.65	5.15 (GE)	วินัยและคณะ (2528)
	10	18.5	14.3	14.2	3.6	0.26	0.20	2.11(ME)	อุทัย (2529)
	8.69	17.6	10.1	14.2	2.8	0.26	0.63	-	Panigrahi and Powell (1991)
	-	13.4	22.6	15.4		0.26	0.18	3.9 (ME)	กรมปศุสัตว์ (2544)
	10.9	16.0	10.6	16.8	4.1	-	-	12.18(ME)[4]	UPM[1]
	7.0	14.8	9.8	15.7	4.2	0.20	0.32	11.66(ME)[4]	MARDI[2]
	7.3	14.6	9.09	12.1	4.3	0.21	0.52	12.53(ME)[4]	DVS[3]
	9.4	18.3	7.98	16.3	4.5	-	-	-	Onifade and Babatunde (1998)
วิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์	-	18.5	1.5	14.2	-	0.26	0.2	2.62(ME)	กรมปศุสัตว์ (2544)
	-	20	8.0	15.0	5	0.3	0.5	1.9(ME)	Ravidran and Blair (1992)
	11.2	6.8	2.5	20.5	5.8	0.2	0.3	-	Ahmad (1985)
	10.6	20	2	16.5	6.8	-	-	2.15(ME)	Nwokolo (1977)
	-	18.7	6.4	12.9	4.8	0.18	0.74	4.46(GE)	Oluyemi et al. (1976)
	8.7	19.2	7.9	11.2	5.1	-	-	2.64(ME)	Onwudike (1986a)
	10.2	14.5	0.7	14.2	3.6	0.26	0.71	3.72(GE)	Yeong (1982)
	9.0	15.0	0.9	15.6	3.5			13.05(ME)[4]	UPM[1]
	8.0	15.2	1.8	16.0	3.8	0.26	0.52	12.18(ME)[4]	MARDI[2]
	11.0	15.3	2.9	14.3	4.1	0.2	0.54	13.05(ME)[4/]	DVS[3]

ที่มา: [1] University Pertanian Malysia, Serdang, Selangor cited in Babjee (1988)

[2] Malaysia Agriculture Research and Development Institute, Serdang, Selangor cited in Babjee (1988)

[3] Department of Veterinaty Services, Ministry of Agriculture, Kualalumpur cited in Babjee (1988)

[4] MJ/kg

จาก Table 2.5 พบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล และวิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์จะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยพบว่ากากเนื้อเมล็ด

ในปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมัน โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า และมีไขมันต่ำกว่าการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่จะมีผลต่อคุณภาพของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในการเก็บรักษา ความน่ากิน และการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ Hair-Bejo et al. (1995) กล่าวว่าในกรณีที่ปริมาณน้ำมันตกค้างมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ทำให้มีรสชาติไม่น่ากิน สัตว์จะปฏิเสธการกิน และระดับของทองแดงที่สูงสามารถก่อให้เกิดพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กโดยเฉพาะแกะ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันพบว่า มีความสมดุลของแคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกว่าผลพลอยได้จากเมล็ดพืชน้ำมันอื่นๆ มีโปรตีนรวมอยู่ต่ำ และมีกรดแอมิโนเมทไธโอนีน (methionine, Met) และกรดไขมันลิโนเลอิค (linoleic acid, C18:2) อยู่ในปริมาณจำกัด และเนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับความน่ากินเพราะมีลักษณะแห้ง และอาจมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น กะลา ตลอดจนมีปริมาณเยื่อใยอยู่ในปริมาณสูงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การย่อยได้ของสัตว์ลดลง จึงไม่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย, 2529; สุธา และวินัย, 2539; Ahmad, 1985; Yusoff et al., 1985; McDonald et al., 1988) นอกจากนี้ ปัญหาสำคัญ 2 ประการในการนำใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (Hair-Bejo et al., 1995) คือ

1) มีน้ำมันตกค้างอยู่ในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสูง และปริมาณของทองแดง (cupper, Cu) ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันตกค้างมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ทำให้มีรสชาติไม่น่ากิน สัตว์จะปฏิเสธการกิน

และ 2) ระดับของทองแดงที่สูงสามารถก่อให้เกิดพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กโดยเฉพาะแกะ อย่างไรก็ตาม ความเป็นพิษของทองแดงในสัตว์ใหญ่ (large ruminants) เช่น โค และกระบือยังไม่ชัดเจน

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โค และกระบือที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริม หรืออาหารหลักช่วยเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต (Hutagalung and Mahyuddin, 1985; Jelan et al., 1991) สอดคล้องกับ Hair-Bejo et al. (1995) รายงานว่า กระบือที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเต็มที่ (100% PKC) มีระดับของ Cu และ Zn สะสมในตับ และ adrenal cortex มากกว่ากระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ 2 เท่า แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต หรืออัตราการตายของสัตว์

Hutagalung (1978) อ้างโดย เสาวนิต และคณะ (2541) รายงานว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันน้ำมันมีโปรตีนสูงกว่าข้าวโพดคือ ประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดมี 9.7 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยค่อนข้างสูงมากคือ มีปริมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดมีเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุดิบสองชนิดนี้มีปริมาณกรดแอมิโนที่ใกล้เคียงกัน แต่กากเนื้อเมล็ดในปาล์มมีกรดแอมิโนบางชนิดในปริมาณที่สูงกว่า ได้แก่ อาร์จินีน (arginine, Arg) ไลซีน (lysine, Lys) เมทไทโอนีน (Met) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.40, 0.34 และ 0.84 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดมีกรดแอมิโนเหล่านี้ในปริมาณ 0.51, 0.10 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Yeong (1982) รายงานว่า กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีคุณภาพโปรตีนปานกลาง มีอาร์จินีน (Arg) สูง แต่มีเมทไธโอนีน (Met) ทริปโทเฟน (tryptophan, Trp) และไลซีนต่ำ (Lys)

บทบาทของปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์

การใช้กากเนื้อเมล็ดในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก

การศึกษาการนำกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น Nwokolo et al. (1977) รายงานว่าสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่เนื้อได้สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้

อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ขณะที่ Yeong et al. (1983) ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด และกากถั่วเหลือง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มลดลง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ แต่ปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน และแนะนำให้ใช้ได้สูงสุดในอาหารอาหารไก่เนื้อไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

Onwudike (1986a, b, c) รายงานว่าการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารลูกไก่ต้องผสมกับวัตถุดิบอาหารโปรตีนจากแหล่งอื่นๆ เพื่อที่จะเพิ่มระดับกรดแอมิโน และสามารถใช้ทดแทนกากถั่วลิสงได้ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ในไก่ไข่ระยะเล็กนั้นสามารถทดแทนได้ถึง 34 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และปริมาณอาหารที่กิน ส่วนในไก่สาวสามารถใช้ทดแทนกากถั่วลิสงได้เต็มที่ โดยไม่มีผลต่อสมรรถนะการผลิต และปริมาณอาหารที่กิน ระดับการใช้ที่เหมาะสมที่สุดคือ 38 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่มีผลต่อผลผลิตไข่ และน้ำหนักไข่ ส่วนในไก่เนื้อแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือในระยะเล็ก (อายุ 1-6 สัปดาห์) และระยะขุน (6-12 สัปดาห์) สามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันได้ในระดับ 28 และ 35 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับ โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถนะการผลิต แต่ถ้าใช้ในระดับสูงกว่านี้จะมีผลให้น้ำหนักเพิ่มลดลง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลง

Osei and Amo (1987) ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวฟ่างในระดับ 0, 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในไก่ 0-8 สัปดาห์ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณอาหารที่กิน และน้ำหนักตัวไม่แตกต่างกัน แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลงเมื่อเพิ่มกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันถึง 12.5 เปอร์เซ็นต์ (2.74, 2.85, 2.85, 2.89, 3.14 และ 3.21 ตามลำดับ) แต่การเพิ่มกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีผลในการลดต้นทุนค่าอาหารลง โดยประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างกัน

Panigrahi and Powell (1991) ศึกษาการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร โดยใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จาก Sierra Leone และจากประเทศมาเลเซีย กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทั้งสองชนิดนี้มีข้อแตกต่างคือ ชนิดที่ได้จาก Sierra Leone มีปริมาณโปรตีนสูงกว่า และเยื่อใยต่ำกว่าชนิดที่ได้จากประเทศมาเลเซีย (โปรตีน 17.65 และ 14.07 เปอร์เซ็นต์ และ เยื่อใยรวม 14.20 และ 21.07 เปอร์เซ็นต์ ในกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจาก Sierra Leone และจากมาเลเซีย ตามลำดับ) จากการทดลองพบว่าในสูตรอาหารที่ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 50 เปอร์เซ็นต์ จำเป็นต้องเสริมไขมันเพิ่มขึ้นเพื่อปรับระดับพลังงานให้เหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ไก่เนื้อกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับสูงขึ้นจะมีปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเลวลง สัตว์จะมีสัดส่วนการกักเก็บของวัตถุแห้งต่ำ กินน้ำมากขึ้นแต่มีปริมาณน้ำในมูลต่ำกว่ากลุ่มควบคุม

Ahmad (1988) รายงานว่าการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารไก่เนื้อที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีที่สุด และแนะนำให้ใช้ได้สูงสุดในอาหารอาหารไก่เนื้อไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ McDonald et al. (1988) ซึ่งรายงานว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นอาหารที่มีโปรตีนค่อนข้างต่ำแต่ก็มีคุณภาพสูง มีอัตราส่วนของแคลเซียม และฟอสฟอรัสดีกว่ากากของเมล็ดพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ แต่ยังไม่ใช้เป็นอาหารสุกร และสัตว์ปีกอย่างแพร่หลายเนื่องจากมีลักษณะไม่น่ากิน และมีเยื่อใยสูงอยู่ประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ และระดับสูงสุดที่แนะนำให้ใช้นั้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และ Panigrahi and Powell (1991) รายงานว่าการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ จำเป็นต้อง

เสริมไขมันลงในสูตรอาหารให้สูงขึ้นตามระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพื่อปรับระดับพลังงานในอาหารให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและปริมาณอาหารที่กิน

วินัย และคณะ (2526) ได้ทำการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่เนื้อโดยใช้ระดับโปรตีนในสูตรอาหารเป็นตัวกำหนดในการประกอบสูตร พบว่าสามารถใช้ได้ 20 เปอร์เซ็นต์ในไก่เล็ก (0-4 สัปดาห์) และ 40 เปอร์เซ็นต์ในไก่ใหญ่ (4-8 สัปดาห์) โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้อาหารด้วยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม เช่นเดียวกับ สุธา และคณะ (2535) รายงานว่าระดับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เหมาะสมในไก่เล็กระยะ 0-4 สัปดาห์ คือ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และ 40 เปอร์เซ็นต์ในไก่ใหญ่ระยะ 4-6 สัปดาห์ โดยที่อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการใช้อาหารไม่แตกต่างจากไก่ที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม นอกจากนี้ สุธา และวินัย (2539) ได้ทำการทดลองเสริมเมทไธโอนีนในสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์ม โดยแบ่งกลุ่มทดลองในช่วงอายุ 0-3 สัปดาห์ ออกเป็นกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 (กลุ่มควบคุม), 20, 30, 20 (เสริมเมทไธโอนีน) และ 30 เปอร์เซ็นต์ (เสริมเมทไธโอนีน) และในช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์ จะแบ่งออกเป็นกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 0 (กลุ่มควบคุม), 30, 40, 30 (เสริมเมทไธโอนีน) และ 40 เปอร์เซ็นต์ (เสริมเมทไธโอนีน) โดยปรับระดับของเมทไธโอนีนตามคำแนะนำของ NRC (1994) คือในระยะ 0-3 สัปดาห์และ 4-6 สัปดาห์ มีค่าเท่ากับ 0.50 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าในระยะ 0-3 สัปดาห์ ปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่อัตราการเจริญเติบโตของกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ไม่เสริมเมทไธโอนีน) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม เมื่อเสริมเมทไธโอนีนในสูตรอาหารที่ประกอบด้วยกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้อัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วนในระยะ 4-6 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของกลุ่มควบคุมดีกว่ากลุ่มอื่นๆ กลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเสริมและไม่เสริมเมทไธโอนีน มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทย โดยเฉพาะ การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ โคเนื้อโคนม กระบือ แพะ และแกะซึ่งมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนอย่างยิ่งต่อการเพิ่มศักยภาพการผลิตคือ ปัจจัยทางด้านอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูง และคุณภาพดีค่อนข้างจำกัด และมีไม่เพียงพอ ดังนั้น การศึกษาวิจัยและพัฒนาใช้ทรัพยากรอาหารในระบบเกษตรกรรมที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (potential local feed resources) ภายในประเทศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เช่น กากปาล์ม และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการนำใช้ผลผลิต และผลพลอยได้ทั้งระบบให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโคเนื้อและโคนม

วรรณะ (2536) ศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 3 ระดับคือ 0, 50 และ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารข้นโคเนื้อลูกผสม โดยให้โคได้รับหญ้ากินนีสดเป็นอาหารพื้นฐานพบว่า โคกินอาหารทั้งหมด (วัตถุแห้ง) ได้ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) (2.21, 2.05 และ 1.98 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวต่อวัน ตามลำดับ) แต่ปริมาณอาหารข้นที่กินได้ค่อนข้างต่ำคือ 1.10, 1.01 และ 0.69 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ อาจเป็นเพราะอาหารที่มีกลิ่นหืนทำให้ความน่ากินลดลง ในขณะที่ Ahmad (1986) รายงานว่า ในประเทศมาเลเซียสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริมในโครุ่นได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยโคมีการเพิ่มน้ำหนัก 600-1,000 กรัมต่อตัวต่อวัน และมีปริมาณการกินอาหาร 4.80-6.00 กิโลกรัมต่อวัน อาจเนื่องจาก พันธุ์สัตว์

และเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้มีปริมาณไขมันต่ำทำให้ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ นอกจากนี้ Hutagalung (1985) รายงานว่า โคเนื้อที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน 6-8 กิโลกรัมต่อตัว ร่วมกับแร่ธาตุผสมวิตามินเล็กน้อยโคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.7-1.0 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Jelan et al. (1986) ที่ศึกษาภายใต้สภาพการจัดการฟาร์มทั่วไปพบว่าโคมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่า 0.7 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน

จินดา และคณะ (2543ก) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มทดแทนอาหารข้นระดับ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในโคเนื้อเพศผู้ตอนพันธุ์ผสมอเมริกันบราห์มัน โดยให้โคได้รับหญ้าพลิแคทูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ พบว่าโคทุกกลุ่มมีปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) คิดเป็นวัตถุแห้งเท่ากับ 7.29, 7.39 และ 7.18 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ขณะที่อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนอาหารข้นที่ระดับ 0 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกัน แต่สูงกว่า (P<0.05) กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนอาหารข้น 100 เปอร์เซ็นต์ (0.44, 0.49 และ 0.39 กิโลกรัม/ตัว/วัน และ 18.63, 16.51 และ 20.99 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม กลุ่มที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนอาหารข้นที่ระดับ 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่จะต่ำกว่ากลุ่มที่ให้อาหารข้นเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (74.72, 50.38 และ 44.11 บาท/ กิโลกรัม ตามลำดับ) สอดคล้องกับ สมพงษ์ (2526) ที่รายงานว่าสามารถใช้กากปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบผลปาล์มน้ำมันทั้งผล เป็นอาหารโครุ่น อายุประมาณ 1 ปี ได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของโค และยังลดต้นทุนการผลิตลงได้ ทำนองเดียวกับ Jalaludin (1994) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารโครุ่น โดยให้กินกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 6-8 กิโลกรัมเสริมด้วยวิตามิน และแร่ธาตุ พบว่าโคมีอัตราการเจริญเติบโต 0.7-1.0 กิโลกรัมต่อวัน

จินดา และคณะ (2543ข) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นที่ระดับ 0, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ทดแทนกากถั่วเหลือง (30 เปอร์เซ็นต์) ในโคพันธุ์บราห์มันเพศผู้ โดยโคได้รับฟางข้าวเป็นอาหารหยาบอย่างเต็มที่ โดยใช้ยูเรียช่วยปรับระดับโปรตีนในสูตรอาหาร พบว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนกากถั่วเหลืองที่ระดับ 100 เปอร์เซ็นต์ โคมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าโคกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) คือ 0.608, 0.513 และ 0.400 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือ 7.87, 7.84 และ 7.68 กิโลกรัม/ตัว/วัน และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีต้นทุนใกล้เคียงกันคือ 37.93, 37.37 และ 37.28 บาทตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนกากถั่วเหลืองได้ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ และจินดา และคณะ (2543ค) ศึกษาการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนอาหารข้นที่ระดับ 0, 15 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในแม่โคที่กำลังรีดนมพันธุ์ Australian Friesian Sahiwal พบว่าปริมาณวัตถุแห้งทั้งหมดที่กินได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือ 10.50, 10.67 และ 10.81 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณน้ำนมที่ปรับระดับไขมัน 4 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 7.67 8.51 และ 8.41 กิโลกรัม/ตัว/วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารรวม คือ 1.37, 1.25 และ 1.29 และน้ำนมมีเปอร์เซ็นต์ไขมันคือ 3.84, 4.35 และ 4.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (P>0.05) สรุปได้ว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นอาหารเสริมทดแทนอาหารข้นบางส่วนสำหรับแม่โครีดให้น้ำนมไม่เกิน 10 กิโลกรัมได้ที่ระดับ 15 - 30 เปอร์เซ็นต์

สมบัติ และสมคิด (2545) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารโคขุน ระยะต้น (120 วัน) และในระยะปลาย (121-270 วัน) ในโคเนื้อพันธุ์บราห์มันเพศผู้จำนวน

12 ตัว อายุเฉลี่ย 580 วัน และน้ำหนักเฉลี่ย 286 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลอง Randomize Complete Block Design (RCBD) มี 3 บล็อก (block) และ 4 ทรีทเมนต์ (treatment) คือ การใช้อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ขุนโคในระยะต้นและระยะปลาย (T_1) การใช้อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20 เปอร์เซ็นต์ ขุนโคในระยะต้น และ 40 เปอร์เซ็นต์ในระยะปลาย (T_2) การใช้อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในระยะต้น และ 20 เปอร์เซ็นต์ระยะปลาย (T_3) และการใช้อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในการขุนโค ในระยะต้นและระยะปลาย (T_4) โดยโคได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารพื้นฐาน พบว่าในระยะต้น และระยะปลายของการขุน การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โคมีอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหาร/การเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และอัตราการเจริญเติบโตในระยะปลาย เท่ากับ 1.03 (T_1), 0.73 (T_2), 1.02 (T_3) และ 0.92 (T_4) กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ โดยโคทรีทเมนต์ที่ 1 กินอาหารในรูปวัตถุแห้งสูงกว่าโคกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 8.63 (T_1), 7.27, (T_2), 7.09 (T_3) และ 7.38 (T_4) กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลการทดลองขุนโคตลอดทั้ง 270 วัน โคทรีทเมนต์ที่ 1 มีน้ำหนักเพิ่ม และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยดีที่สุดคือ 273.00 กิโลกรัม และ 1.01 กิโลกรัม/วัน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคในทรีทเมนต์อื่น ขณะที่ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัมของ โคทรีทเมนต์ที่ 4 ต่ำกว่าโคกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) คือ 35.65 (T_1), 37.41 (T_2), 35.37 (T_3) และ 32.80 (T_4) บาท ตามลำดับ ดังนั้นการขุนโคสามารถใช้อาหารที่มีกากปาล์มน้ำมันได้ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ควรเพิ่มระดับกากปาล์มน้ำมันในอาหารข้นในช่วงระยะปลายของการขุนอาจทำให้โคชะงักการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ Jelan et al. (1986) ศึกษาการขุนในโคพันธุ์ต่างๆ ประกอบด้วยโคพันธุ์ Draught Master (DM) โคไม่ทราบสายพันธุ์ หรือ Unclassified Breeds (UB) โคลูกผสม Friesian-Sahiwal (FS)-Jersey โคลูกผสม-FS mixed FS-AMZ (Australia Milking Zebu) และโคพันธุ์ Jersey Crosses โดยใช้อาหารข้นระดับโปรตีนรวม 15 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 85 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับรำข้าว 13 เปอร์เซ็นต์ ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุผสม 1 เปอร์เซ็นต์ โดยให้กินแบบเต็มที่ พบว่าโคพันธุ์ Draught Master มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (750 กรัม/ตัว/วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ (620-680 กรัม/ตัว/วัน) และมีเปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage) ของโคทั้ง 4 สายพันธุ์ (DM, FS-Jersey, FS mixed FS-AMZ และ Jersey Crosses) มีค่าอยู่ระหว่าง 51.6-52.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากลุ่ม Unclassified Breeds (44.4% dressing) ดังนั้น จะเห็นได้ว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถใช้เป็นส่วนประกอบหลักในสูตรอาหารโค ซึ่งส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโต และลักษณะซากตรงตามศักยภาพทางพันธุกรรมได้

สำหรับผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นต่อสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโค Wong et al. (1987) รายงานว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 5.9-7.5 ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร นอกจากนั้น Abdullah et al. (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 and Hutagalung (1988) ที่รายงานว่า โคพันธุ์เคดาห์ กลันตันที่ได้รับอาหารข้น (โปรตีน 16.6 เปอร์เซ็นต์) ที่มีกากเนื้อในเมล็ด

ปาล์มน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 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

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารแพะ

พิชัย (2534) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ในแพะลูกผสมเพศผู้ตอนหลังหย่านม โดยได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารพื้นฐาน พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เมื่อมีการเพิ่มระดับของกากปาล์มน้ำมันในอาหารข้นสูงขึ้น ส่วนอัตราการเจริญเติบโต และเปอร์เซ็นต์ซากของแพะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารพบว่า แพะที่ได้รับฟางหมักเสริมด้วยอาหารข้นที่ไม่ผสมกากปาล์มน้ำมันใช้ต้นทุนสูงที่สุดคือ 12.57 บาทต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม ส่วนแพะที่ได้รับฟางหมักเสริมด้วยอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมัน 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุน 9.08, 10.00 และ 8.76 บาทต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น ในการเลี้ยงแพะลูกผสมหลังหย่านมโดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบหลัก จึงแนะนำให้ใช้อาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เนื่องจากมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมกากปาล์มน้ำมันระดับอื่นๆ ในอาหารข้น ซึ่งสอดคล้องกับ สุมิตรา (2543) ศึกษาการใช้เศษเหลือจากรวงข้าวเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ หมักยูเรียเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน พบว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์หมักด้วยยูเรียมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมนสูงสุด (62.02 เปอร์เซ็นต์)

สายันต์ (2547) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับ ต่างๆ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะเพศผู้ลูกผสม (พันธุ์พื้นเมืองไทย x พันธุ์แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) โดยให้แพะได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมกากน้ำตาล แบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินได้ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย 2.86 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว สูงกว่าที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 29.78 และ 27.56 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (24.00, 19.72 และ 18.00 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) ดังนั้น การนำเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์เสริมกากน้ำตาล มาใช้เป็นอาหารหยาบพื้นฐานในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้หลังหย่านมเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนั้น ควรใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร

บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

โปรตีนในอาหารมักประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) โปรตีนแท้ (true protein) เช่น insulin, globulin, albumin และ keratins เป็นต้น และ 2) ไนโตรเจนจากโปรตีนไม่แท้ (non protein nitrogen, NPN) มีทั้งที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น กรดแอมิโนอิสระ กรดนิวคลิอิก เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) และยูเรีย และเป็นสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น (บุญล้อม, 2527 และ เมธา, 2533) ซึ่งมีอัตราการย่อยสลายแตกต่างกัน พบว่าสาร NPN มีอัตราการสลายเร็วที่สุด

ซึ่งการย่อยและการเมทธาโบลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Figure 2.5) ได้เป็น peptide กรดแอมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะมีการสลายตัวกรดแอมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการ deamination โดยอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และ α- keto acid (บุญล้อม, 2527 และเมธา, 2533) แล้วจุลินทรีย์ หรือตัวสัตว์เองจะนำไปใช้ประโยชน์สังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมธา (2533) กล่าวว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20% ใช้กรดแอมิโนโดยตรง ส่วน α-keto acid อาจถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งพลังงาน เช่น acetic, propionic, butyric, iso-butyric และ iso-valeric เป็นต้น

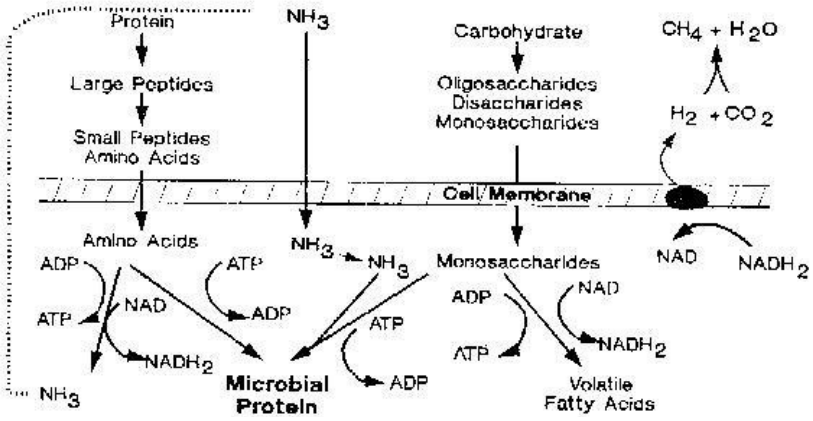


Figure 2.5 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria
ที่มา: Nocek and Russell (1988)

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในรูปของโพลิแซ็กคาร์ไรด์ จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่าง ๆ จากนั้นกลูโคส หรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิค (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้าย (end-products) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติค (acetic acid, C_2) กรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) กรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) เป็นหลัก (Figure 2.6) และกรดวาลาริค (valeric acid, C_5) ไอโซวาลาริค (isovaleric acid) และไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อย ซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป จากการศึกษาพบว่า น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนแปลง

อย่างรวดเร็ว รองลงมา คือแป้ง และพวกที่เป็นโครงสร้างของเซลพืช (เซลยูโลส และเฮมไมเซลยูโลส) ถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด

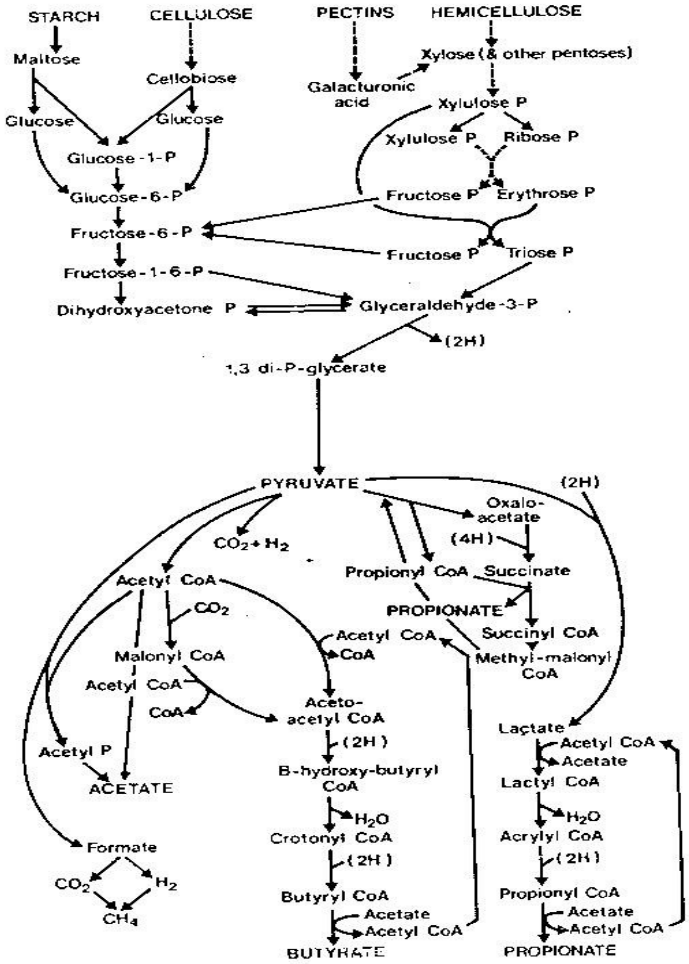


Figure 2.6 Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen
ที่มา: Preston and Leng (1987)

นอกจากนี้ยังมีแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊ซเมทเธน (CH_4) และความร้อนมีประมาณ 20% (ME) ส่วนพลังงานที่ผลิตได้ในรูป ATP จากกระบวนการหมักในรูเมนถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ 1) ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ และ 2) ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการดำรงชีพ Nocek and Russell (1988) กล่าวว่า ตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ พลังงาน ดังนั้นอาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะพลังงานแก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ และในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด

การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมนสังเคราะห์จากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อย สลายโปรตีนหรือพวกที่อยู่ในรูปอิสระ อย่างไรก็ตามพบว่าแอมโมเนียที่หมุนเวียนอยู่ภายใน กระเพาะรูเมนเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักในการสังเคราะห์โปรตีนเช่นกัน (Aharoni et al., 1991) Al-Rabbat et al. (1971) รายงานว่า 61

เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์โปรตีนมาจากแอมโมเนีย และ 39 เปอร์เซ็นต์มาจากกรดแอมมิโนและเปปไทด์ อย่างไรก็ตาม Maeng et al. (1976) รายงานว่า สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนีย และกรดแอมมิโนในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนคือ 75 เปอร์เซ็นต์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ 25 เปอร์เซ็นต์กรดแอมมิโน-ไนโตรเจน นอกจากนี้ พลังงาน ATP ที่สัตว์ได้รับ ซึ่งได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จุลินทรีย์โปรตีนเมื่อถูกย่อยสลายที่กระเพาะจริงและลำไส้เล็ก จะมีผลต่อองค์ประกอบของกรดแอมมิโนที่ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์มีความสามารถในการใช้แหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีนในเซลล์ ฉลอง (2541) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในจุลินทรีย์เท่ากับ 36-49 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ซึ่ง 85 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมดจะอยู่ในรูปของโปรตีนแท้ โปรตีนในตัวจุลินทรีย์เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง โดยโปรโตซัวมีการย่อยได้ดีกว่าแบคทีเรีย แม้ว่าค่า biological value (BV) ของโปรตีนของโปรโตซัว และแบคทีเรียจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคิดเป็นค่า net protein utilization (NPU) พบว่าโปรโตซัวมีค่าสูงกว่าแบคทีเรีย

นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัว โดยมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย (dietary fiber) ซึ่งสัตว์ทั่วไปโดยเฉพาะสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ซึ่งได้แก่แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการใช้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญหลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อการผลิตเอนไซม์ เพื่อทำการย่อยสลายสารอาหารประเภทพลังงาน ทั้งที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structurtal carbohydrate, SC) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non–structural carbohydrate, NSC) (เมธา, 2533) เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ คือ กรดไขมันระเหยได้ง่าย (volatile fattyacid, VFA) ซึ่งกรดไขมันระเหยได้ง่ายเหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป (ฉลอง, 2541)

นอกจากนี้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนยังสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ (non–protein nitrogen, NPN) โดยจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีถ้าสภาพภายในกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด–ด่าง (rumen pH) ที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วง 6.5–7.0 และมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 39-40 องศาเซลเซียส ทำให้ทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมต่อการย่อยอาหาร (Czerkawski, 1986; เมธา, 2533) จากการรายงานของ Satter and Slyter (1974) พบว่า นอกจากความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมแล้ว ระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนก็มีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4–5 mg% ส่วน Boniface et al. (1986); Song and Kennelly (1990); Wanapat and Pimpa (1999) พบว่าระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 15–20 mg% ที่จะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายและกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่เหมาะสมด้วยและนอกจากนี้ยังก่อให้เกิดความสมดุลระหว่างพลังงานกับโปรตีนอีกด้วย จุลินทรีย์ที่พบในกระเพาะรูเมนมีมากมายหลายชนิด แต่จุลินทรีย์เหล่านี้มีคุณสมบัติสำคัญ คือ ต้องมีชีวิตอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนและมีการสร้างผลผลิตสุดท้าย (end products) ชนิดใดชนิดหนึ่งซึ่งพบในกระเพาะรูเมนเท่านั้น และต้องมีปริมาณไม่ต่ำกว่า 1 ล้านเซลล์/กรัมของ rumen contents จุลินทรีย์ที่พบในกระเพาะรูเมนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยแบคทีเรียมีจำนวนประชากรประมาณ 10^{9}-10^{11}

เซลล์ต่อมิลลิลิตร โปรโตซัวมีจำนวนประชากรประมาณ 10^5–10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเชื้อรามีจำนวนประชากรประมาณ 10^3-10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร (Hungate, 1966) จุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญในการทำหน้าที่ย่อยสลายอาหารที่สัตว์กินเข้าไปและสังเคราะห์เป็นผลผลิตที่สำคัญสำหรับสัตว์นำไปใช้ในการสร้างผลผลิต

การใช้อนุพันธ์พิวรินในปัสสาวะที่ขับออกมาเป็นตัววัดสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนภายในรูเมน

การตรวจวัดหาปริมาณโปรตีนที่ได้จากเซลล์จุลินทรีย์ ที่ถูกสังเคราะห์โดยจุลินทรีย์ภายในรูเมน พบว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจทั้งนี้เป็นที่ทราบกันแล้วว่าจุลินทรีย์ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมา จะถูกย่อยสลายแล้วใช้เป็นแหล่งของกรดแอมิโนที่นอกเหนือจากโปรตีนไหลผ่านมา (undegradeble protein) และโปรตีนที่ได้จากผนังของเยื่อบุลำไส้ (endogenous protein) ซึ่งมีความสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน โดยเฉพาะในเรื่องเกี่ยวกับการนำไปสร้างเป็นผลผลิตที่เป็นประโยชน์คือ เนื้อ นม ให้กับสัตว์ต่อไป การตรวจวัดหาปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนนักวิชาการต่างก็พยายามคิดค้นทำการวิจัยด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อหาปริมาณจุลินทรีย์โปรตีน อาทิเช่น การใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์ ซึ่งใช้กัมมันตภาพรังสี (^{35}Sหรือ ^{15}N) เป็นตัววัด (Chen and Gomest, 1992) นอกจากนี้ยังใช้โปรตีนในตัวเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวชี้บ่ง เช่น RNA และ DAPA ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยาก ซับซ้อนและสิ้นเปลือง เพราะก่อนที่จะทำการทดลองจะต้องมีการผ่าตัดฝังท่อที่ส่วนต้นของลำไส้เล็ก ซึ่งถ้าผู้ทดลองขาดความชำนาญก็อาจไม่ประสบความสำเร็จได้ อีกทั้งยังเป็นอันตรายต่อสัตว์อีกด้วย

การตรวจวัดหาจุลินทรีย์โปรตีนได้ค้นพบว่า การนำปัสสาวะของสัตว์มาตรวจวัดหาระดับของอนุพันธ์-พิวรีนที่ถูกขับออกมากับปัสสาวะ ทำให้ทราบถึงปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นได้ เพราะระดับของอนุพันธ์พิวรีน ซึ่งมีกรดนิวคลีอีกเป็นส่วนประกอบพื้นฐานจะถูกขับออกมาพร้อมกับปัสสาวะ สามารถใช้เป็นตัวชี้บ่งถึงปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นได้ (Kahn and Nolan, 1992) กล่าวคือ ถ้ามีการขับระดับของอนุพันธ์พิวรีนออกมาในปริมาณที่สูงแสดงว่าอาหารที่สัตว์ได้รับเข้าไปนั้นมีผลต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์สูงตามไปด้วย (Chen and Gomest, 1992)

กระบวนการเมแทบอลิซึมของกรดนิวคลีอีกในส่วนของลำไส้เล็ก ซึ่งกรดนิวคลีอิกจะได้มาจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ไหลผ่านออกจากรูเมน และมาถูกย่อยที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) โดยในช่วงแรกกรดนิวคลีอิกจะแยกตัวออกจากนิวคลีโอโปรตีน โดยการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการสลายโปรตีน (proteolytic enzyme) จากนั้นก็จะถูกย่อยสลายต่อโดยเอนไซม์ nuclease ซึ่งได้จากน้ำย่อยของตับอ่อนได้เป็น oligonucleotides และ mononucleotide ซึ่งเอนไซม์ nuclease สามารถแบ่งออกได้เป็น rigonucleotides (Rnase) และ deoxyribonucleotides (Dnase) ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อย RNA และ DNA ตามลำดับ ในส่วนของลำไส้เล็กนั้นนอกจากจะมีเอนไซม์ nuclease แล้วยังมีเอนไซม์ phosphodiesterase หรือ polynucleotidase ที่มาช่วยในการย่อยโดยจะทำหน้าที่ย่อยพวก oligonucleotides ให้เป็น mononucleotide ส่วน mononucleotide ที่เกิดขึ้นจะถูกสลายต่อในลำไส้เล็กโดย phosphatase หรือ nucleotidase ได้เป็น nucleoside และ Pi และ nucleoside ที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซึมผ่านเยื่อบุผนังลำไส้และถูกย่อยสลายต่อไปในตับและเนื้อเยื่ออื่นๆ เช่น ม้าม ไตและไขกระดูก โดยเอนไซม์ phosphorylase หรือ nucleosidase ได้เป็นเบสอิสระ คือ พิวรีน (purine) และไพริมิดีน (pyrimidine)

nucleosidase ที่พบในเนื้อเยื่อนี้มี 2 ชนิด คือ ชนิดหนึ่งจะทำหน้าที่จำเพาะกับไพริมีดีนนิวคลีโอไซด์จะถูกไฮโดรไลซ์เป็นพันธะไกลโคซิดิก ได้เป็น เบสไพริมีดีนและน้ำตาลเพนโตส อีกชนิดหนึ่งจะทำหน้าที่

จำเพาะกับ พิวรีนนิวคลีโอไซด์ โดยจะคะตะไลซ์ปฏิกิริยาการแยกสลายพันธะไกลโคซิดิก โดยมีการเติมหาฟอสเฟตเข้าไปได้เป็นเบสพิวรีนและเพนโตส -1 ฟอสเฟต (pentose-1 phosphate)

โดยที่ฟอสเฟตและน้ำตาลจะสามารถถูกนำไปใช้ในกระบวนการเมทธาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต สำหรับเบสพิวรีน และไพริมีดินสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกได้ โดยวิถีซาลเวจ (salvage pathway) (Ellis and Bleichner, 1969) แต่ส่วนใหญ่จะถูกสลายต่อและถูกขับออกนอกร่างกาย การสลายของพิวรีน (catabolism of purines) เบสอิสระพิวรีนที่เกิดขึ้นจากการสลายของกรดนิวคลีอิกที่มีอยู่ในอาหาร ส่วนใหญ่จะถูกสลายต่อไปจนได้ผลิตผลสุดท้ายซึ่งจะแตกต่างกันในสัตว์ชนิดต่างๆ และจะถูกขับออกทางปัสสาวะ

ปฏิกิริยาเริ่มแรกของการสลายพิวรีน คือ การขจัดหมู่กรดแอมิโน (deamination) เบสอะดีนีนจะถูกดึงเอาหมู่อะมิโนออก โดยเอนไซม์ adenase หรือ adenine deaminase ได้เป็น hypoxanthine เอนไซม์ adenase พบอยู่ในพวกจุลินทรีย์และในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง แต่ไม่พบหรือพบได้น้อยมากในเนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ดังนั้น ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมการสลายของเบสอะดีนีนจะเริ่มต้นที่ระดับของนิวคลีโอไซด์ กล่าวคือ อะดีโนซีนจะถูกดึงเอาหมู่อะมิโนออกไปโดยเอนไซม์ adenosine deaminase ได้เป็น inosine ซึ่งจะสลายต่อไปเป็น hypoxanthine โดยเอนไซม์ nucleoside phosphorylase หรือ nucleosidase สำหรับเบส-กวานีนก็จะถูกดึงเอาหมู่อะมิโนออกไปเช่นกัน โดยเอนไซม์ guanase หรือ guanine deaminase ได้เป็น xanthine สำหรับเอนไซม์ guanase มีอยู่ในอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ม้าม ดังนั้น ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมการสลายเบสกวานีนจึงเริ่มจากเบสอิสระได้ hypoxanthine ที่เกิดขึ้นถูกออกซิไดซ์เป็น xanthine และ xanthine จะถูกออกซิไดซ์ต่อได้เป็น uric acid เอนไซม์ที่คะตะไลซ์ปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทั้งสองนี้คือ เอนไซม์ xanthine oxidase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มี FAD, Fe^{+2}, Mo^{+6} เป็นโคแฟคเตอร์เอนไซม์ xanthine oxidase มีอยู่ในตับและลำไส้เล็ก ถ้าไม่มีเอนไซม์นี้กรดยูริกจะไม่ถูกสร้างขึ้นมา กรดยูริกเป็นผลิตผลสุดท้ายของการสลายพิวรีนในคน

ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมชนิดอื่นนอกจากไพรเมท uric acid จะถูกออกซิไดซ์ในตับโดยเอนไซม์ uricase หรือ urate oxidase ได้เป็น allantoin ซึ่งถูกขับออกนอกร่างกาย แสดงดัง Figure 2.7

จากการรวบรวมเอกสารการศึกษาที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ การเจริญเติบโต และนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูงในแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยยังมีจำกัด (25-30 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ จึงศึกษาผลการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างในสูตรอาหารแพะ โดยมีสมมุติฐานการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารแพะทำให้ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมัก และสมดุลไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารข้น และอาหารผสมครบส่วน หรืออาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) สำหรับเลี้ยงแพะต่อไป

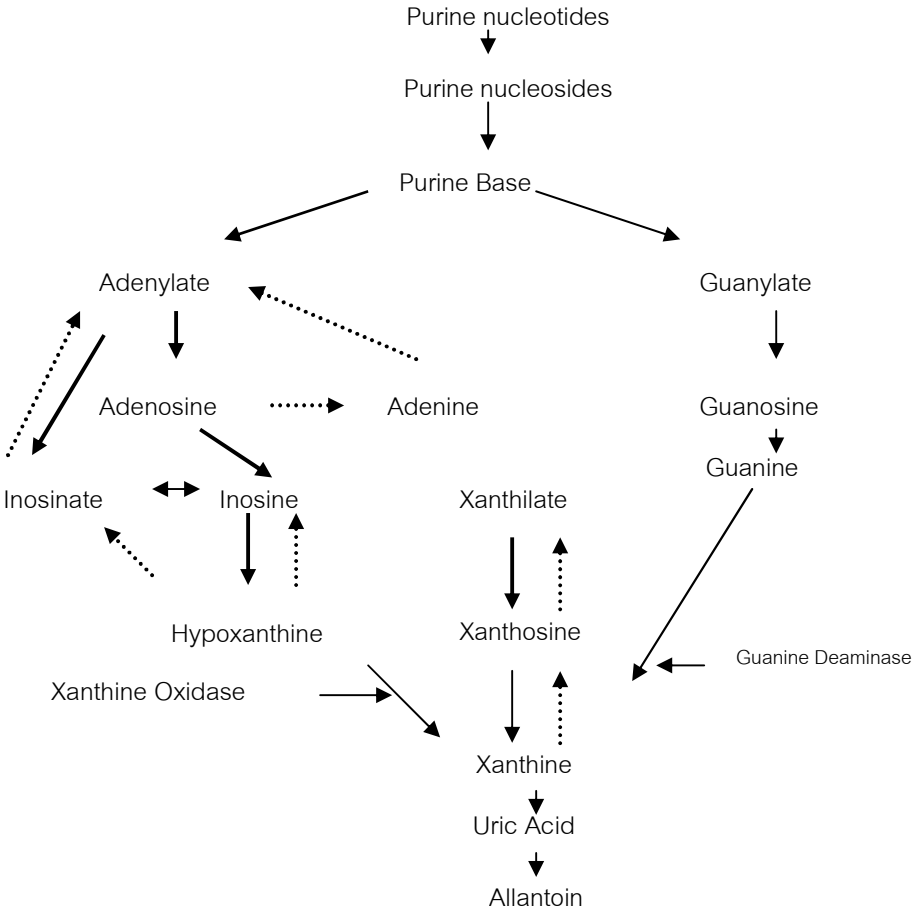


Figure 2.7 Pathways of purine nucleotide catabolism (filled lines) and salvage (dashed lines)
ที่มา: Gonda (1995)

วิธีการดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง และการจัดการ

สัตว์ทดลอง ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 5 ตัว แพะเหล่านี้มีอายุเฉลี่ยประมาณ 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม โดยเลี้ยงในคอกขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 5 คอก ภายในคอกมีรางน้ำ รางอาหารข้น และอาหารหยาบแยกจากกัน ในช่วงปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลองได้ทำการฉีดยาถ่ายพยาธิภายนอก และภายใน โดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin, IDECTIN®, The British Dispensary, Co., Ltd.) อัตราการใช้ยา 2 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม และฉีดไวตามิน เอดีอี (AD_3E) อัตราการใช้ยา 2 มิลลิลิตร ต่อตัวทุกตัว นอกจากนี้ ได้ทำการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคติดต่อที่สำคัญ ได้แก่ วัคซีนโรคคอบวม โรคปากและเท้าเปื่อย และโรคอื่นๆ อย่างใกล้ชิดในระหว่างการทดลอง

แผนการทดลอง และกลุ่มทดลอง

ใช้แผนการทดลองเป็นแบบ 5x5 จัตุรัสละติน (5x5 Latin square design) แบ่งเป็น 5 ระยะการทดลอง โดยมีอาหารข้นทดลองสูตรต่างๆ ทั้งหมด 5 สูตร และใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก ดังนี้

สูตรทดลองที่ 1 อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในสูตรอาหารแพะ 15 เปอร์เซ็นต์
สูตรทดลองที่ 2 อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในสูตรอาหารแพะ 25 เปอร์เซ็นต์
สูตรทดลองที่ 3 อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในสูตรอาหารแพะ 35 เปอร์เซ็นต์
สูตรทดลองที่ 4 อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในสูตรอาหารแพะ 45 เปอร์เซ็นต์
สูตรทดลองที่ 5 อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มในสูตรอาหารแพะ 55 เปอร์เซ็นต์

โดยสุ่มให้แพะแต่ละตัวได้รับอาหารตามที่กำหนดในการทดลอง ได้แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 5 ช่วงการทดลอง (periods) แต่ละช่วงใช้เวลา 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล 7 วัน (Close and Menke, 1986) รวมระยะเวลาทั้งหมด 105 วัน แพะทดลองทุกตัวได้รับปัจจัยในการทดลองจนครบทุกกลุ่มอาหารทดลอง

อาหาร และการเตรียมอาหารทดลอง

1. อาหารหยาบ

ใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์จังหวัดสตูลเป็นอาหารหยาบหลัก โดยให้สัตว์ได้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่ (*ad litibum*)

2. อาหารข้น

อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหาร 5 สูตร โดยใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารในระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 % (Table 3.1) อาหารข้นทั้ง 5 สูตรมีระดับโภชนะต่างๆ ตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) แพะทุกตัวถูกขังในคอกขังเดี่ยวได้รับอาหารข้น 2% ของน้ำหนักตัว (% DM basis) แบ่งให้กิน 2 ครั้ง เวลา 8.00 และ 16.00 น. สัตว์จะได้รับการปรับกับอาหารทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

Table 3.1 Ingredient and chemical composition of goat rations (% dry matter basis)

Composition	Dietary treatment (% PKC) [1]				
	15	25	35	45	55
Ingredients, %					
Ground corn, GC	60.00	58.36	50.41	42.24	28.80
Rice bran, RB	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Soybean meal, SM	15.54	5.64	2.89	0.17	-
Palm cake kernel, PCK	15.00	25.00	35.00	45.00	55.00
Urea	-	1.00	1.10	1.20	1.20
Molasses	1.46	2.00	2.00	2.00	5.00
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mineral and vitamin mix [2]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Oil plant	-	-	0.60	1.38	2.00
Total	100	100	100	100	100
Estimated values (total diet)					
CP (%)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
TDN (%)	80.88	79.21	79.00	79.00	79.00
ME Mcal/kg DM[3]	2.92	2.86	2.85	2.85	2.85
Cost, bath/kg[4]	11.18	10.31	10.10	9.94	9.93

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.

[2] Minerals and vitamins (each kg contains): Vitamin A: 10,000,000 IU; Vitamin E: 70,000 IU; Vitamin D: 1,600,000 IU; Fe: 50 g; Zn: 40 g; Mn: 40 g; Co: 0.1 g; Cu: 10 g; Se: 0.1 g; I: 0.5 g.

[3] Estimated: metabolizable energy (ME) = TDN*0.04409*0.82. (NRC, 1996)

[4] Current prices of ingredients at Department of Animal Science, Faculty of Natural and Resource, PSU (January, 25, 2009; baht/kg): palm cake kernel 6.80, molasses 10.00, salt 6.77, dicalcium phosphate 7.20, mineral and vitamin mix 80, oil plant 37.50, soybean meal 17.00, ground corn 9.60, urea 14, rice bran 10.50 baht/kg.

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงที่ฝึกให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ใช้ระยะเวลา 14 วัน ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 5x5 ลาตินสแควร์ โดยแพะแต่ละตัวอยู่ในคอกขังเดี่ยว มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้าให้ดื่มน้ำได้ตลอดเวลา ให้แพะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 2% ของน้ำหนักตัว (DM basis) โดยให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake) โดยชั่งอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของวันถัดไป

2. ระยะทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 7 วัน โดยในระยะนี้สัตว์อยู่บนกรงเมทธาโบลิซึม (metabolism cages) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรก และในช่วง 5 วันหลัง ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะติดต่อกันในช่วง 5 วันของแต่ละช่วงการทดลอง ตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder and Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก และเลือด ในช่วงวันที่ 21 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง ในการให้อาหารให้ตามกลุ่มทดลองเหมือนช่วงปรับสัตว์ แต่อาหารหยาบให้เพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงระยะปรับสัตว์ เพื่อให้สัตว์ทดลองกินอาหารหมดตามสัดส่วนที่กำหนดในกลุ่มทดลอง

การเก็บตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

1. การเก็บตัวอย่างอาหาร และการหาปริมาณการกินได้

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ อาหารข้นอาหารที่เหลือ เก็บในปริมาณอย่างละ 500 กรัม ทุกวันที่ 1, 14 และ 21 ของแต่ละช่วงการทดลอง หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ และอีกส่วนหนึ่งจะสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เถ้า (ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

2. การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลองคือครั้งที่ 1 ชั่งก่อนเข้างานทดลอง เป็นช่วงก่อนเข้าระยะปรับสัตว์ทดลองช่วงการทดลองที่ 1 ชั่งครั้งที่ 2 หลังจากปรับสัตว์และจะนำสัตว์ขึ้นกรงเมทธาโบลิซึม และครั้งที่ 3 หลังจากเสร็จการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง คือ หลังจากเก็บตัวอย่างบนกรงเมทธาโบลิซึม ทำการจดบันทึก ตลอดจนกระทั่งเสร็จการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

3. การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

ชั่งและบันทึกน้ำหนักมูลที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ทำการคลุกมูลทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

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

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บไว้ประมาณ 5% ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรืออบจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักและเก็บใส่ถุงไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 6 วัน นำมูลทั้งหมดมาคลุกให้เข้ากัน ทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 5% นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาค่าการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975)

4. การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ทำการเก็บในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมทธาโบลิซึม โดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติก (plastic container) ขนาดความจุ 10 ลิตร ซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลา ในถังเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) ในสัดส่วน 1 M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1:10 เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด เพื่อปรับให้ pH ของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ ทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวัน และทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใส หลังจากนั้นแบ่งปัสสาวะออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 สุ่มใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 250 มิลลิลิตร เก็บไว้ตลอดระยะทดลองแล้วนำมารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้ง ประมาณ 5% เก็บใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

4.2 นำปัสสาวะมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตรส่วน 1:3 จากนั้นนำปัสสาวะที่เจือจางแล้ว 80 มิลิลิตร ใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีน (Chen et al., 1992)

5. การวัด และการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลอง โดยสัตว์จะอยู่บนกรงเมทธาโบลิซึมที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลองปริมาณ 100 มล. นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที โดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) และหลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติม 1 M H_2SO_4 ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่ใส (supernatant) เก็บไว้ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร นำไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิประมาณ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) วิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 1030 Analyzer และของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันที่ระเหยได้ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซีติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel et al. (1997)

ส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บ 1 มิลลิลิตร เติม 10% formaldehyde 9 มิลลิลิตร เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยใช้ Haemacytometer ขนาด 400 ช่อง (haemacytometer มีขนาด ก x ย x ล = 1x1x0.1 mm) โดยทำการนับแบคทีเรีย 20 ช่องเล็กในแนวทะแยงมุม โดยนับ 2 ซ้ำเพื่อหาค่าเฉลี่ยตามวิธีการของ Galyean (1989) ส่วนโปรโตซัวและเชื้อราทำการนับ 1 ช่องใหญ่ โดยทำการนับทั้งหมด 25 ช่องกลาง โดยทำการนับโปรโตซัวและ zoospores ในการนับใช้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan) ใช้กำลังขยายดังนี้ แบคทีเรีย และเชื้อราใช้กำลังขยาย 400 เท่า (40x) โปรโตซัวใช้กำลังขยาย 100 เท่า (10x) ทำการนับ 2 ซ้ำ เช่นเดียวกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยของประชากร

6. การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการเก็บข้อมูล โดยเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ประมาณ 3 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) เป็นต้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแห้ง อาหารข้น และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์

ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธี Detergent method ของ Van Soest et al. (1991) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยวิธีการกลั่น ตามวิธีการของ Bremner and Keeney (1965) การวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิค และบิวทีริก โดยใช้เครื่อง HPLC ตามวิธีการของ Samuel et al. (1997) การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในพลาสม่า โดยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ส่วนการวิเคราะห์อนุพันธุ์พิวรีนในปัสสาวะใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) ตามวิธีการของ Balcells et al. (1992)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 5x5 Latin square design โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1990) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ดังสมการต่อไปนี้

$\mathbf{Y}_{ijk} = \mu + M_i + A_j + P_k + \mathcal{E}_{ijk}$

M_k = Treatments

A_j = animals

P_j = Periods

$\mathcal{E}_{ijk}$ = Errror

สถานที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

1. หมวดแพะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

3. โรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4. ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ระยะเวลาทำการวิจัย

ใช้เวลาทดลอง 1 ปี ตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2551 - เดือน กันยายน 2552

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (chemical composition of the experimental diets)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง รำละเอียด และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ (Table 4.1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม อินทรียวัตถุ (OM) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 15.48-15.89% (2.47-2.54% N) ขณะที่ ไขมัน (EE) อยู่ในช่วง 3.22-7.80% เยื่อใย (CF) อยู่ในช่วง 8.77-16.11% ผนังเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 31.79-51.19% เซลยูโลลิกนิน (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 13.29-32.72 และ 4.72-11.05% ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แสดงดัง Table 4.1 เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (NFE) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NSC) พบว่ามีค่าลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งความแตกต่างของ EE, NSC และองค์ประกอบสารเยื่อใย อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบสารเยื่อใยค่อนข้างสูงมากกว่า 15% สูงกว่ารายงานของ วินัยและคณะ (2528); ทวีศักดิ์ (2529); นิวัต (2531); กรมปศุสัตว์ (2544); McDonald et al. (1988) จึงไม่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย, 2529; สุธา และวินัย, 2539; Ahmad, 1985; Yusoff et al., 1985; McDonald et al., 1988) ทั้งนี้ส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนสกัดไขมันแบบวิธีกล (mechanical extraction of palm kernel oil) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) กากผลปาล์มทั้งผล หรือกากปาล์มน้ำมัน และ 2) กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น กะลา และเปลือกนอกของผลปาล์ม จึงเหมาะที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Miller and O.Dell, 1969; NRC, 1978)

เมื่อเปรียบเทียบสูตรอาหารที่ทดแทนด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในระดับต่างๆ กัน พบว่าราคาอาหารข้นลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (7.78, 9.66, 11.09 และ 11.18% ตามลำดับ) โดยสูตรอาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทดแทนระดับ 55% ลดลงต่ำสุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ดังนั้น การนำใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์ให้ต่ำลง เพราะต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์เป็นค่าอาหารมากกว่า 60-70 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง (plicatulum hay, PH) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 4.1) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี (DM, Ash, OM, EE, NDF และ ADF) ใกล้เคียงกับรายงานของอนันต์ (2548); จินดาและคณะ (2544) รายงานว่าหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 2.90-2.99% แต่ต่ำกว่ารายงานของสุทิสา (2548); วรวรรณา (2549); Chanjula and Ngampongsai (2009) โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 3.36-3.62% ขณะที่มีค่า NDF และ ADF ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้คุณค่าทางอาหารของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่แตกต่างกันอาจขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืชที่ตัดมาทำแห้ง ความหนาแน่นของพืช ส่วนของพืช ความถี่ในการเก็บเกี่ยว การชะล้าง ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต

และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (นิวัติ, 2543; สายัณห์, 2548) ส่วนกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มีโปรตีน หยาบ เยื่อใย ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนิน ประมาณ 14.20, 27.68, 68.87 และ 52.68% ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานกรมปศุสัตว์ (2544)

Table 4.1 Chemical composition of the experimental diets, plicatulum hay and palm kernel cake

Chemical composition on DM basis, %	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					Plicatulum hay	Palm kernel cake
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		
DM [2]	88.54	88.61	88.726	88.876	88.78	92.16	95.90
Ash	5.74	5.43	5.46	5.75	6.41	8.28	3.90
OM	94.26	94.57	94.54	94.25	93.59	91.72	96.10
CP	15.89	15.76	15.83	15.48	15.56	3.04	14.20
EE	3.22	4.19	4.82	6.74	7.80	0.21	9.40
NFE [3]	60.99	59.07	57.54	57.78	55.49	41.72	44.82
NSC [4]	37.97	32.95	29.66	24.48	20.41	6.28	3.63
CF	8.77	11.54	12.98	14.29	16.11	46.76	27.68
NDF	31.79	37.66	40.86	47.59	51.19	82.19	68.87
ADF	13.29	18.69	22.63	28.37	32.72	54.01	52.68
ADL	4.72	6.28	8.20	9.32	11.05	8.84	14.73
Hemicellulose [5/]	18.50	18.97	18.23	19.22	18.47	28.19	16.19
Cellulose [6/]	8.57	12.41	14.43	19.05	21.67	45.17	37.95
Cost, bath/kg	11.18	10.31	10.10	9.94	9.93	0.25	6.80
Reduction cost, %	0.00	7.78	9.66	11.09	11.18	-	-

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[2] DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NSC: non structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin.
[3] Estimated: NFE = 100-(CP+CF+EE+Ash).
[4] Estimated: NSC = 100-(CP+NDF+EE+Ash) (Mertens, 1992).
[5] Estimated: Hemicellulose = NDF-ADF.
[6] Estimated: Cellulose = ADF-ADL.

4.2 ปริมาณการกินได้ของอาหาร (feed intake)

จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแพะต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) (วัตถุแห้ง) ของอาหารข้น และอาหารหยาบในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบทั้งหมด (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) เฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แม้ว่าเมื่อคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) พบว่ามีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (quadratic) (Q, P= .08 และ .10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น (Table 4.2) ขณะที่ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น (Table 4.2) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ทั้งหมดเฉลี่ย (kg/d) หน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แม้ว่าเมื่อคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก พบว่ามีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (Q, P= 0.06 และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินของโภชนะ (OMI, CPI, NDFI และ ADFI) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่มที่ 5 มีปริมาณการกินของโภชนะ OMI และ CPI ต่ำกว่ากลุ่มอื่น แต่มีปริมาณการกินของโภชนะ

NDFI และ ADFI สูงกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ของอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (Table 4.1) ทำให้ปริมาณการกินของโภชนะแตกต่างกัน โดยเฉพาะปริมาณการกินได้ของโภชนะ ADFI พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.01)

Table 4.2 Effects of palm kernel cake on feed intake (kg/d) in goats fed on plicatulum hay as roughage

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					SEM	Contrast P-value [2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Days on test	21	21	21	21	21	-		
DMI, kg/d								
Plicatulum hay, kg/d	0.256	0.298	0.294	0.244	0.232	0.03	0.29	0.18
%BW	0.94	1.08	1.09	0.92	0.88	0.08	0.26	0.08
g/kg $W^{0.75}$	21.49	24.76	24.91	20.76	19.93	1.88	0.26	0.10
Concentrate, kg/d	0.512	0.530	0.514	0.504	0.508	0.01	0.76	0.86
%BW	1.88	1.94	1.92	1.88	1.91	0.03	0.97	0.55
g/kg $W^{0.75}$	42.98	44.24	43.65	42.78	43.37	0.46	0.82	0.65
Total DMI, kg/d	0.768	0.828	0.808	0.748	0.740	0.03	0.45	0.41
DMI, %BW	2.82	3.02	3.02	2.80	2.79	0.09	0.30	0.06
DMI, g/kg $W^{0.75}$	64.47	68.99	68.56	63.54	63.30	1.97	0.28	0.10
OMI, kg/d	0.717^{ab}	0.775^{a}	0.755^{ab}	0.699^{ab}	0.688^{b}	0.02*	0.43	0.39
CPI, kg/d	0.094^{a}	0.094^{a}	0.090^{ab}	0.085^{b}	0.086^{b}	0.001*	0.15	0.99
NDFI, kg/d	0.373^{b}	0.445^{a}	0.452^{a}	0.441^{a}	0.451^{a}	0.02*	0.19	0.29
ADFI, kg/d	0.206^{b}	0.260^{a}	0.275^{a}	0.275^{a}	0.291^{a}	0.01**	0.01	0.26
BW change, kg/d	0.06	0.05	0.04	0.07	0.03	0.01	0.13	0.93
BW change, %	5.44	4.62	3.98	6.03	2.66	1.02	0.90	0.10

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2] L = linear, Q = quadratic.
SEM = Standard error of the mean (n = 5).

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) (Table 4.2) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบโค้งกำลังสอง (Q, P= 0.10) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นของแพะ (15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินอาหารทั้งหมดอย่างอิสระ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง แต่กลุ่มที่ 2 และ 3 ตามลำดับ มีปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ (Table 4.2) ดังนั้น การนำใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์ให้ต่ำลง และเป็นแนวทางการเพิ่มศักยภาพการใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่น เพราะต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์เป็นค่าอาหารมากกว่า 60-70 เปอร์เซ็นต์

4.3 ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) เถ้า (Ash) โปรตีน (CP) เยื่อใย (CF) การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร (Table 4.3) ปรากฏว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (DM, OM, CP, NDF และ ADF) ของแพะทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) สอดคล้องกับ พิชัย (2534) รายงานว่า การเสริมอาหารข้นที่มี

ส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% ของวัตถุแห้ง พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลง (P<0.05) ขณะที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียน 50% (สุมิตรา, 2543) อาจเนื่องจาก ระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Table 4.1) ทำให้การย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะ NDF, ADF และ ADL มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992; Wanapt, 2000) มากกว่านั้น ปริมาณไขมันที่มากกว่า 4-5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับรายงานของ Palmquist and Jenkins (1980); Jenkins (1983); Zinn (1989); Firkins and Eastridge (1994); Griinari et al. (1998); Allen, (2000); NRC (2001) มากกว่านั้น ความแตกต่างยังขึ้นกับชนิด หรือแหล่งของกรดไขมัน และโดยเฉพาะสัดส่วนของกรดไขมัน พบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ (polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยทั่วไปมีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid, MUFA) เนื่องมาจาก มีผลต่อในทางลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่า (Maczulak at al., 1981; Firkins and Eastridge, 1994; Allen, 2000) สอดคล้องกับ Palmquist and Jenkins (1980); Pantoja et al. (1994) รายงานว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และลดการย่อยได้ของเยื่อใยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง

การลดความสามารถการย่อยได้ของเยื่อใยเกิดทั้งในโค และแกะเมื่อเสริมไขมันในอาหารมากเกินไป (Brooks et al., 1954) ซึ่ง Devendra and Lewis (1974) สรุปว่า อาจเกิดเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถเข้าย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ (cell membrane) ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกริยากับ cation เกิดเป็น insoluble complex ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวน cation ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ทำให้การย่อยได้ลดลง ในแม่โคที่ได้รับอาหารที่มีไขมันเสริมในสูตรอาหารมากกว่า 4% และได้รับพืชอาหารสัตว์ต่ำทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม และผลผลิตน้ำนมลดลง 30 และ 35% ตามลำดับ (Griinari et al., 1998; NRC, 2001)

การเสริมไขมันในอาหารนอกจากยับยั้งกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ยังลดกระบวนการหมักในทางเดินอาหารส่วนล่าง (hindgut) ทำให้ลดความสามารถในการย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารทั้งหมด (Boggs et al., 1987; Jenkins, 1988) แต่เพิ่มการขับเยื่อใยในมูลบ่อยมากขึ้น (Brooks et al., 1954; Ward et al., 1957; Palmquist and Jenkins, 1980) นอกจากนี้ การเสริมไขมันในอาหารลดปริมาณการได้ของวัตถุแห้งของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องมาจากการควบคุมโดยกลไกทางเคมี (chemostatic regulation) ของปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary intake) โดยการเพิ่มความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) ของอาหาร (Boggs et al., 1987; Jenkins, 1988) อย่างไรก็ตาม การเสริมไขมัน และระดับไขมันในอาหารต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักยังมีความผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของกรดไขมัน (SFA:UFA) แหล่งอาหารหยาบ และอาจมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน โดยแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) มีความไวต่อความเป็นกรด-ด่าง และมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงเมื่อมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 (Russell and Wilson, 1996)

ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM, CP, NDF, CF และ ADF ของแพะทุกกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) อาจเนื่องจาก ระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) พบว่า เพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น (P<0.01) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของไขมันอาหารเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/d และ Mcal/kg) พบว่า แพะทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่มีแนวโน้มด้อยกว่ากลุ่มอื่น (P<0.01) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM ต่ำกว่า และระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นสามารถใช้ได้ในระดับ 15-35% โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดเฉลี่ย สัมประสิทธิ์การย่อยได้ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง อย่างไรก็ตาม พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มที่ 2 ที่ระดับการทดแทน 25% PKC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ

Table 4.3 Effects of palm kernel cake on apparent digestibility and Digestible nutrient intake in goats fed on plicatulum hay as roughage

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					SEM	Contrast P-value [2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Apparent digestibility, %								
DM	72.11^{ab}	75.62^{a}	72.11^{ab}	68.27^{bc}	63.77^{c}	1.71**	0.005	0.11
OM	73.48^{ab}	76.78^{a}	74.62^{ab}	69.97^{bc}	65.72^{c}	1.62**	0.005	0.09
CP	69.28^{a}	72.83^{a}	70.18^{a}	63.64^{b}	58.73^{c}	1.55**	0.001	0.03
CF	63.84^{ab}	67.60^{a}	64.56^{ab}	56.41^{bc}	50.06^{c}	2.68**	0.001	0.06
NDF	64.00^{a}	69.96^{a}	66.18^{a}	63.73^{a}	57.48^{b}	2.01*	0.06	0.05
ADF	54.32^{abc}	62.17^{a}	58.56^{ab}	52.32^{bc}	48.05^{c}	2.47*	0.05	0.04
EE	79.61^{b}	87.87^{a}	88.04^{a}	91.05^{a}	90.14^{a}	1.26**	0.001	0.06
Ash	50.89^{ab}	58.73^{a}	49.73^{ab}	43.87^{bc}	37.84^{c}	2.91**	0.001	0.08
Digestible nutrient intake, kg/d								
DOM	0.528^{ab}	0.601^{a}	0.561^{ab}	0.490^{bc}	0.453^{c}	0.03**	0.11	0.19
DCP	0.065^{ab}	0.069^{a}	0.063^{b}	0.054^{c}	0.050^{c}	0.001*	0.01	0.33
DNDF	0.238^{b}	0.319^{a}	0.303^{ab}	0.282^{ab}	0.260^{ab}	0.01*	0.95	0.11
DADF	0.112^{b}	0.167^{a}	0.164^{a}	0.145^{ab}	0.139^{ab}	0.01*	0.62	0.08
DCF	0.104^{ab}	0.139^{a}	0.134^{a}	0.106^{ab}	0.095^{b}	0.01*	0.33	0.07
DEE	0.013^{d}	0.019^{c}	0.022^{c}	0.031^{b}	0.036^{a}	0.001*	0.0001	0.65
Estimated energy intake[3]								
ME Mcal/d	2.05^{ab}	2.28^{a}	2.13^{ab}	1.86^{bc}	1.72^{c}	0.08**	0.11	0.19
ME Mcal/kg DM	2.61^{ab}	2.74^{a}	2.62^{ab}	2.48^{bc}	2.32^{c}	0.06**	0.004	0.05

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.

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

* P<0.05; ** P<0.01.

[2] L = linear, Q = quadratic

[3] 1 kg DOM = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982).

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

4.4 อุณหภูมิ (temperature) และค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน (ruminal pH)

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ ต่ออุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (Table 4.4) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนค่อนข้างคงที่ (39.3-39.5 ^{0}C) ซึ่งเป็นระดับที่ปกติ และเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (38-40 ^{0}C) (Hungate, 1969; Van Soest, 1994)

Table 4.4 Effects of palm kernel cake on rumen fermentation characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					SEM	Contrast[2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Temperature, ^{o}C								
0 h-post feeding	39.1	39.3	39.4	39.2	39.2	0.33	0.91	0.54
4	39.8	39.7	39.5	39.4	39.7	0.23	0.52	0.32
Mean	39.4	39.5	39.4	39.3	39.4	0.16	0.83	0.23
Ruminal pH								
0 h-post feeding	6.74	6.78	6.61	6.65	6.66	0.09	0.45	0.74
4	6.31	6.20	6.21	6.18	6.18	0.04	0.33	0.60
Mean	6.53	6.49	6.41	6.22	6.42	0.10	0.15	0.35

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2]L = linear, Q = quadratic.
SEM = Standard error of the mean (n = 5).

ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ภายในกระเพาะรูเมนของแพะในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าค่า ruminal pH ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.22-6.53) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) (Lyle et al., 1981; Hoover, 1986) และการย่อยของโปรตีน (6.0-7.0) (Hungate, 1969) สอดคล้องกับรายงานของเมธา (2533) และฉลอง (2541) รายงานว่า ระดับ pH ที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 6.5-7.0 และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่า pH ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า ค่า rumen pH ลดต่ำลง (6.18-6.31) ในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร แต่ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องมาจาก เกิดกระบวนการหมักสูงสุดในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร

อย่างไรก็ตาม ค่าความกรด-ด่างอาจถูกควบคุมโดยความเข้มข้นของระดับแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน ซึ่งความผันแปรของ pH อาจเกิดขึ้นโดยเมื่อยูเรียเข้าไปสู่กระเพาะรูเมนและถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่ใช้ยูเรียเปลี่ยนไปเป็น CO_2 และแอมโมเนีย (2-NH_3) (Van Soest, 1994) สอดคล้องกับ Roman-Ponve et al. (1974) กล่าวว่า กลุ่มโคที่ได้รับยูเรียเป็นแหล่งโปรตีน เมื่อจุลินทรีย์เข้าย่อยจะสลายตัวได้แอมโมเนียอย่างรวดเร็ว ซึ่งแอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นด่างจึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้น ทำนองเดียวกับ Pimpa et al. (1996) รายงานว่า เมื่อระดับแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ในกระเพาะรูเมนสูงขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มสูงขึ้นด้วย

4.5 ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) และระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ความเข้มข้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 14.14-16.71 (Table 4.5) และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dL (Ferguson et al., 1993) สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ทำนองเดียวกับ Preston and Leng (1987) รายงานว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน 5-25 mg/dL เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ตรงข้ามกับ Windschitl (1991) รายงานระดับ NH_3-N ที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน คือ 11.8-18.3 mg% และ Mehrez et al. (1977) รายงานระดับ NH_3-N ที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 15-20 mg% อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533; Erdmen et al., 1986)

Table 4.5 Effects of palm kernel cake on rumen fermentation characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					SEM	Contrast[2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
NH_3-N, mg/dl								
0 h-post feeding	18.57	17.43	14.86	17.43	16.29	1.18	0.44	0.46
4	14.86	16.00	14.00	14.29	12.00	1.48	0.16	0.45
Mean	16.71	16.71	14.43	15.86	14.14	1.13	0.23	0.96
BUN, mg/dl								
0 h-post feeding	17.77	17.26	15.65	15.32	16.00	1.05	0.17	0.43
4	17.39	17.68	17.01	16.34	16.60	0.86	0.55	0.99
Mean	17.58	17.38	16.33	15.83	16.31	0.86	0.32	0.69

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2]L = linear, Q = quadratic.
SEM = Standard error of the mean (n = 5).

ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) พบว่าค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (15.32-17.77, 16.34-17.68 และ 15.83-17.58 mg/dL ตามลำดับ) (Table 4.5) และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ สอดคล้องกับ Lloyd (1982) รายงานว่า ระดับปกติของ BUN ในแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dL และในแกะ 8-20 mg/dL (Kaneko, 1989) ซึ่งค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน ดังนั้น การเพิ่มของระดับ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน มีผลต่อการเพิ่มของระดับ BUN ในกระแสเลือด สอดคล้องกับ Preston et al. (1965) รายงานว่าค่าของ BUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Lewis, 1975; Folman et al., 1981; Kung and Huber, 1983)

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นของแพะ (15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่มีผลต่อ NH_3-N และ BUN

4.6 ระดับความเข้มข้นของกลูโคส (glucose) และปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่น (packed cell volume, PCV) ในกระแสเลือด

ค่าทางโลหิตวิทยาของร่างกายต่างๆ สามารถบ่งชี้ความสมดุลทางสรีระของร่างกายสัตว์ ตัวชี้วัดที่ดีสำหรับสุขภาพสัตว์ และระดับโภชนาการของสัตว์คือ ค่าความเข้มข้นของกลูโคส (Glu) ปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่น (PCV) ระดับโปรตีนในซีรั่ม (total serum protein, TSP) และระดับโปรตีนอัลบูมินในซีรั่ม (serum albumin, SA) และ BUN เป็นต้น

กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์ทุกชนิด ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกลูโคสเป็นสารตั้งต้น (precursor) ที่สำคัญในการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตส (lactose) และกลีเซอรอล (glycerol) ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์ต้องการกลูโคสเพื่อการดำรงชีพ และการให้ผลผลิต

ผลของระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นของแพะ ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแพะทั้ง 5 กลุ่ม (Table 4.6) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 62.11-64.73 mg/dl และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติในแพะ คือ 50 to 75 mg/dL (2.77 to 4.16 mmol/L) (Kaneko, 1980) และในแกะ 50-80 mg/dL (Kaneko, 1989) อย่างไรก็ตาม ความผันแปรของค่ากลูโคสในกระแสเลือดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สถานะภาพทางสรีระ (physiological status) ของสัตว์ (Firat and Ozpinar, 1996) หรือโรค (disease conditions) (Ford et al., 1990) และระยะเวลาในการสุ่มตัวอย่าง (Hove and Halse, 1983) หรือชนิดสัตว์ และชนิดของอาหาร และระดับอาหารที่สัตว์ได้รับ Chanjula et al. (2007a) รายงาน ผลของระดับการใช้แหล่ง non-protein nitrogen (NPN) คือ ยูเรีย 4 ระดับ ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 69.4-73.8 mg/dL (3.8-4.1 mmol/L) หรือเฉลี่ย 71.51 mg/dL (3.9 mmol/L) และมีค่าอยู่ในช่วง 69.40-72.90 mg/dL หรือเฉลี่ย 70.74 mg/dL (3.9 mmol/L) ในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ทดแทนข้าวโพดบดโดยมันเส้นในสูตรอาหารสัตว์ (Chanjula et al., 2007b)

Table 4.6 Effects of palm kernel cake on blood metabolized characteristics in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]						Contrast[2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)	SEM	L	Q
Glu, mg/dl								
0 h-post feeding	59.92	61.46	59.36	63.68	62.46	1.91	0.39	0.92
4	65.32	66.40	64.86	65.78	64.04	2.13	0.71	0.75
Mean	62.62	63.93	62.11	64.73	63.93	1.90	0.79	0.90
PCV, %								
0 h-post feeding	27.40	2.80	27.00	29.00	29.00	0.82	0.31	0.80
4	26.60	26.60	26.60	28.20	28.40	0.62	0.03	0.45
Mean	27.00	27.70	26.80	28.60	28.70	0.56	0.08	0.59

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.

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

* $P<0.05$; ** $P<0.01$.

[2] L = linear, Q = quadratic.

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

Mahardika et al. (2000) รายงานว่า ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดลดลงในชั่วโมงที่ 2 และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 3-4 หลังการให้อาหาร เพราะปริมาณกรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) ในกระเพาะรูเมนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสเพิ่มสูงสุดในชั่วโมงที่ 3 หลังการให้อาหาร ซึ่ง Fahey and Berger (1988) รายงานว่า กลูโคสในสัตว์เคี้ยวเอื้องสร้างมาจากกระบวนการกลูโคนีโอเจนีซิส (gluconeogenesis) ประมาณ 27-54% โดยความเข้มข้นปกติของกลูโคสในเลือดโคที่โตเต็มที่มีค่าเฉลี่ย 60 mg/dl (Kaneko, 1980)

ส่วนค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือด (PCV) พบว่าค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในช่วง 26.80-28.70% ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า PCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.00-29.87 และ 27.90-28.95% ตามลำดับ

ในการศึกษาทดลองครั้งนี้พบว่าค่า PCV อยู่ในเกณฑ์ปกติที่รายงานโดย Jain (1993) รายงานว่า ค่า PCV ที่ปกติของแพะอยู่ในช่วง 22-38, 24-48% (Schipper, 1992) และ 30-40% (Plumb, 1999) ตามลำดับ จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นในร่างกายของแพะ ซึ่งค่า PCV สามารถประเมินความสมบูรณ์ของร่างกายแพะและสุขภาพสัตว์เบื้องต้น (Jain, 1993) อย่างไรก็ตาม ค่า PCV ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับโภชนาการที่สัตว์ได้รับ และพันธุ์สัตว์ สอดคล้องกับ Rasedee et al. (1982) รายงานว่า ค่า PCV เปลี่ยนแปลงได้ตามระดับโภชนาการที่สัตว์ได้รับ โดยโคนมที่ได้รับอาหารข้น 1.75% ของน้ำหนักตัว มีค่า PCV มากกว่าโคนมที่ได้รับอาหารข้น 1% ของน้ำหนักตัว นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับพันธุ์สัตว์ พบว่าค่า PCV ในโคนม (35.91%) และกระบือ (38.37%) มีค่า PCV สูงกว่าโคเนื้อ (30.37%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ทวีพร, 2544) ขณะที่แม่โคพันธุ์บราห์มันมีค่า PCV เฉลี่ย 35% (มณเฑียร และคณะ, 2540)

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นในร่างกายของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย และยังแสดงให้เห็นถึงสภาวะพลังงานสมดุลในร่างกายของแพะ ซึ่งส่งผลต่อน้ำหนักตัวของแพะพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น (Table 4.2) ซึ่งค่ากลูโคสในกระแสเลือดที่ต่ำมักเกิดจากได้รับอาหารไม่เพียงพอ และมีค่า PCV ต่ำกว่าระดับปกติ (Hove and Halse, 1983; Jain, 1993)

4.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) และกรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม (Table 4.7) พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ TVFAs ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม และและกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหารมีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P= 0.02$ และ 0.01 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณ

การกินได้ การย่อยได้ของอาหาร (OMI และ CPI) ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ (OM และ CP) (Table 4.2 และ 4.3) และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (Table 4.1) เพราะความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างสูง (Van Soest, 1994) นอกจากนี้ อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) สูง และมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงจะเพิ่มสัดส่วนของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (Nocek and Russel, 1988) ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในอาหารที่มีพลังงานสูง เนื่องมาจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสูง

Table 4.7 Effects of palm kernel cake on volatile fatty acid profiles in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]						Contrast[2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)	SEM	L	Q
Total VFA, mmol/ L								
0 h-post feeding	58.48	59.59	59.09	57.95	57.70	0.96	0.76	0.79
4	92.69^{ab}	95.11^{a}	91.60^{ab}	87.38^{bc}	83.75^{c}	1.70**	0.02	0.32
Mean	75.58^{a}	77.35^{a}	75.35^{a}	71.76^{b}	70.73^{b}	1.01**	0.01	0.31
Molar proportion of VFA, mol/ 100mol								
Acetate (C_2)								
0 h-post feeding	70.65	69.39	70.62	71.18	71.36	0.64	0.27	0.52
4	71.95	71.04	72.36	72.15	72.40	0.79	0.48	0.81
Mean	71.31	70.22	71.49	71.66	71.88	0.62	0.24	0.56
Propionate (C_3)								
0 h-post feeding	19.26	20.21	19.15	19.61	19.20	0.51	0.83	0.76
4	20.19	21.50	20.81	20.75	19.93	0.58	0.67	0.31
Mean	19.72	20.86	19.98	20.17	19.57	0.47	0.69	0.42
Butyrate (C_4)								
0 h-post feeding	7.24^{a}	7.51^{a}	7.53^{a}	6.06^{b}	6.46^{ab}	0.34*	0.16	0.62
4	6.01	5.63	4.94	5.22	5.51	0.54	0.35	0.87
Mean	6.63	6.58	6.17	5.60	5.98	0.37	0.16	0.72
Other VFA,[3]								
0 h-post feeding	2.83^{b}	2.84^{b}	2.81^{b}	3.2^{a}	2.98^{ab}	0.07*	0.28	0.94
4	1.83^{ab}	1.82^{b}	1.87^{ab}	1.88^{ab}	2.14^{a}	0.08*	0.07	0.25
Mean	2.33^{b}	2.33^{b}	2.34^{ab}	2.54^{ab}	2.56^{a}	0.06*	0.07	0.60
C2:C3 ratio								
0 h-post feeding	3.70	3.48	3.73	3.69	3.77	0.11	0.64	0.71
4	3.57	3.31	3.48	3.53	3.71	0.12	0.40	0.27
Mean	3.64	3.39	3.61	3.61	3.74	0.10	0.42	0.39

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2]L = linear, Q = quadratic.
SEM = Standard error of the mean (n = 5).
[3] Sum of isobutyrate, isovalerate, and valerate.

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน การดูดซึมของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอะโบมาซัม (abomasum) (López et al., 2003) มากกว่านั้น ยังขึ้นกับความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์ (organic acid) ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรต และปริมาณที่สัตว์กิน (Heldt et al., 1999) สัดส่วนอาหารข้นและอาหารหยาบ (Sarwar et al., 1992) และ Sutton et al. (1993) รายงานว่า ปริมาณแป้งที่ย่อยสลายได้

ง่ายเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ขณะที่ ระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติคลดลง

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVFAs) และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร สอดคล้องกับ Wanapat (2000) รายงานว่า TVFAs จะเพิ่มขึ้น และถึงจุดสูงสุดหลังการให้อาหาร 2-4 ชั่วโมง ทั้งการให้อาหารในตอนเช้า และตอนเย็น

ส่วนกรดไขมันอื่นๆ (isobutyrate, isovalerate and valerate) พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน และสัมพันธ์กับอัตราการหมัก หรือการย่อยได้ที่สูง เพราะกระบวนการหมักที่สูง และเร็วเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ NH_3-N ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน การย่อยเยื่อใย และกรดไขมันกลุ่ม branched chain volatile fatty acids (BCVFA) สามารถเกิดขึ้น (Russell and Sniffen, 1984; Nocek and Russel, 1988)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (C_2:C_3 และ C_2+C_4:C_3 ratio) ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร แต่กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น มีแนวโน้มสัดส่วนความเข้มข้นของ C_2:C_3 ต่ำกว่ากลุ่มที่ 5 ซึ่ง Van Soest (1994) กล่าวว่า สัดส่วน C_2:C_3 ที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มการกักเก็บพลังงาน เพราะการผลิต C_3 ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่า และในทางทฤษฎีสามารถลดการผลิตแก๊สเมทเธน จากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยไฮโดรเจน (H) ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์กรดทั้งสอง (H_2+CO_2 = CH_4) (Preston and Leng, 1987) แต่สำหรับการสังเคราะห์กรดโพรพิออนิคจะไม่มีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้น ดังนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิคมากก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีการสังเคราะห์กรดอะซิติคและกรดบิวทีริคมากกว่าก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่งนอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (เมธา, 2533; Preston and Leng, 1987; Van Soest, 1994)

จากผลการทดลองครั้งนี้ ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมดเฉลี่ยของของเหลวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 70.73-77.35 mmol/L ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า TVFA ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 75.00-79.20 และ 80.87-86.57% ตามลำดับ ซึ่ง France and Siddons (1993) รายงานว่า ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนปกติมีค่าระหว่าง 70-130 mmol/L และบุญล้อม (2541) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะรูเมนจะแปรผันระหว่าง 70-150 mmol/L ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ได้ (Garnsworthy, 1988; Ørskov, 1988; Forbes and France, 1993) สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ (Table 4.2 และ 4.3) เนื่องมาจากค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ทั้งหมด สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OM) โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

นอกจากนี้ ความเข้มข้นของ C_2 ,C_4 และ C_3 มีอิทธิพลมาจากอาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์ได้รับอาหารหยาบมากจะมีการผลิตกรดอะซิติกมาก แต่ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นมากจะทำให้ความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคเพิ่มสูงขึ้นและสัดส่วนของ C_2:C_3 ลดลง (ฉลอง, 2541) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ยังขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร และระยะเวลาการสุ่มหลังจากกินอาหาร ทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมัน และสัดส่วนของกรดแต่ละตัวแปรผันด้วย ซึ่งกรดที่มีมากที่สุดคือ กรดอะซิติค ประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ กรดโพร-พิออนิค ประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ และกรดบิวทีริค ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (บุญล้อม, 2541) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองดังกล่าว ขณะที่ เมธา (2533) กล่าวว่า C_2, C_4 และ C_3 ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ในช่วง 65-70, 10-15 และ 20-22 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดและมีสัดส่วนของ C_2:C_3 อยู่ในช่วง 1-4 ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ Hungate (1966) รายงานว่า ความเข้มข้นของ C_2, C_4 และ C_3 ในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 16 และ 22 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ตามลำดับ

4.8 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อราโดยวิธีการนับตรง (total direct count)

การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพื่อให้ทราบถึงตระกูล (genus) ชนิด (species) และชีว-มวล (biomass) เป็นอีกวิธีการที่ช่วยให้สามารถนำข้อมูลมาปรับกลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระเพาะรูเมน เพราะกระบวนการหมักส่วนใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นหลัก จากการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungal zoospores) โดยวิธีการนับตรง (total direct count) (Galyean, 1989) ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (Table 4.8)

จากการทดลองนี้ พบว่าจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.49-1.88 $x10^{10}$ และ 1.52-2.32 $x10^6$ cell/ ml ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.40-1.90 $x10^{10}$ และ 1.15-2.89 $x10^6$ cell/ ml ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Bryant and Robinson (1961); Hungate (1966) รายงานว่าประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^4-10^6 cell/ ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง แม้ว่ามีแนวโน้มประชากรแบคทีเรีย และเชื้อราลดลงในกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% PKC ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทั้งสองประเภท Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมีความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น อย่างไรก็ตาม ประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของอาหารและชนิดสัตว์ อายุสัตว์ ความเป็นกรด-ด่าง สัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่าอาหารที่มีเยื่อใยสูงทำให้มีแบคทีเรียกลุ่ม cellulolytic bacteria สูงกว่าอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ นอกจากนี้ระดับของ NH_3-N หรือประสิทธิภาพการย่อยได้ โดยอาหารที่มีการย่อยได้สูง และอาหารที่มีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น (Wallace, 1979; Song and Kennelly, 1990)

จากผลการทดลองใน Table 4.8 พบว่าประชากรโปรโตซัวทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.41-3.02x10^6 cell/ ml อาจจะเนื่องจากแพะได้รับน้ำมันในปริมาณน้อยเกินไป หรือระดับน้ำมันของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารอาจส่งผลต่อประชากรของโปรโตซัวเท่ากัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) รายงานว่า ประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 10^4-10^6 cell/ ml และใกล้เคียงกับ รายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ประชากรของประชากรโปรโตซัวเฉลี่ยของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.87-3.65 x10^6 และ 2.41-3.57 x10^6 cell/ ml ตามลำดับ ขณะที่ Khampa et al. (2006) ได้ทำการทดลองในโคนมเพศผู้ตอน พบว่ามีประชากรโปรโตซัวเฉลี่ย 1.4x10^6 cell/ ml จากการทดลองนี้พบว่าจำนวนประชากรของโปรโตซัวเฉลี่ยมีแนวโน้มค่อนข้างต่ำ (L, P= 0.09, 0.10 และ 0.06 ตามลำดับ) ในกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% PKC แม้ว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันทั้งสองประเภทในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมีความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น

Table 4.8 Effects of palm kernel cake on rumen microbs in goats fed on plicatulum hay as roughage

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]					SEM	Contrast[2]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Total direct count								
Bacteria (x10^{10}cell/ml)								
0 h-post feeding	1.60	1.56	1.45	1.35	1.45	1.35	0.50	0.67
4	1.90	2.20	1.67	1.63	1.56	2.01	0.67	0.80
Mean	1.75	1.88	1.56	1.49	1.51	1.65	0.43	0.89
Fungal zoospores (x10^6 cell/ ml)								
0 h-post feeding	2.28	1.91	1.67	1.61	1.53	0.27	0.07	0.51
4	2.36	2.67	2.15	1.51	1.52	0.37	0.11	0.72
Mean	2.32	2.29	1.91	1.56	1.52	0.28	0.06	0.97
Total Protozoa(x10^6 cell/ml)								
0 h-post feeding	2.88	2.51	2.47	2.21	2.29	0.26	0.09	0.50
4	3.16	3.47	3.15	2.63	2.61	0.32	0.10	0.56
Mean	3.02	2.99	2.81	2.41	2.46	0.26	0.06	0.95
Holotrich sp. (x10^5 cell/ml)								
0 h-post feeding	0.63	0.57	0.40	0.72	0.27	0.28	0.74	0.51
4	0.50	0.75	0.57	1.07	1.15	0.45	0.34	0.71
Mean	0.56	0.66	0.49	0.90	0.72	0.21	0.44	0.61
Entodiniomorphs sp. (x10^6 cell/ml)								
0 h-post feeding	2.82	2.45	2.43	2.14	2.26	1.47	0.11	0.76
4	3.11	3.40	3.09	2.52	2.50	1.44	0.10	0.82
Mean	2.96	2.92	2.76	2.32	2.39	1.45	0.13	0.72

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2]L = linear, Q = quadratic.
SEM = Standard error of the mean (n = 5).

จากการทดลองของ Lovett et al. (2003) พบว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำมันมะพร้าว 350 กรัม/วัน มีจำนวนโปรโตซัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ Machmuller et al. (1998) ก็ พบว่าเมล็ดทานตะวันสามารถทำให้จำนวนโปรโตซัวลดลงเช่นเดียวกัน Ivan et al. (2001) ซึ่งได้ทำการศึกษาการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในแกะพบว่า การเสริมมีผลทำให้จำนวนโปรโตซัว ทั้งหมดลดลงจาก 1,000,000 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น 200,000 เซลล์/มิลลิลิตร ภายใน 6 วัน นอกจากนี้ ได้มีรายงานผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ต่อการ

เปลี่ยนแปลงประชากรโปรโตซัวในโค (Abdullah and Hutagalung, 1988) ที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลัก (PKC-based diet) พบว่าประชากรโปรโตซัวมีแนวโน้มลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah et al. (1995) พบว่าประชากรโปรโตซัวลดลงในแกะกลุ่มที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลัก (PKC-based diet) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ แต่เหตุผลยังไม่ชัดเจน อาจมีบางปัจจัยในอาหารทำให้ลด หรือกำจัดประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมน

ทำนองเดียวกับ เมื่อพิจารณากลุ่มประชากรโปรโตซัวโดยแบ่งออกเป็นกลุ่ม (*Holotrich sp*. และ *Entodiniomorphs sp.*) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีแนวโน้มประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah et al. (1995) พบว่าในแกะที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลัก (PKC-based diet) มีประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มากกว่า *Holotrich sp*. โดยทั่วไปกลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มีประชากรมากกว่ากลุ่ม *Holotrich sp*. (Russell, 2002) ซึ่งจำนวนโปรโตซัวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะแหล่งของ NSC ในอาหาร ซึ่ง Williams and Coleman (1992); Russell (2002) รายงานว่า *Holotrich sp*. ชอบใช้ soluble carbohydrate ขณะที่กลุ่ม *Entodiniomorphs sp.* มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ feed particle และชอบใช้แป้ง (starch) มากกว่า

ประชากรโปรโตซัวที่ลดลงมีผลดีทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยปกติภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมโปรโตซัวจะเจริญได้ดี และแย่งอาหารจากแบคทีเรีย และใช้แบคทีเรียเป็นอาหารก็จะเพิ่มขึ้น Russell (2002) รายงานว่า จำนวนโปรโตซัวที่เพิ่มขึ้นทำให้แบคทีเรียลดลง เนื่องจากโปรโตซัวจับกิน (enguf) แบคทีเรียเป็นอาหาร โดยทั่วไปโปรโตซัวสามารถใช้แบคทีเรียเป็นอาหารได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ถ้าในสูตรอาหารมีเมล็ดธัญพืชเป็นหลัก โปรโตซัวจะกินเมล็ดแป้งสามารถช่วยปรับ pH และป้องกันสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักได้ (Russell and Hespell, 1981; McAllister et al., 1993)

4.9 ความสมดุลของไนโตรเจน (N balance) และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (nitrogen utilization) ปริมาณการขับอนุพันธ์พิวรีน (purine derivatives excreted) และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนอาหารข้น (N-concentrate) อาหารหยาบ (N-roughage) และปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่ด้อยกว่ากลุ่มอื่น (กลุ่มที่ 1, 2 และ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่ง (P<0.01) (Table 4.9) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่น (Table 4.2 และ 4.3) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระและความสามารถในการย่อยได้ ทำให้ปริมาณ N digested ของกลุ่มอื่นๆ สูงกว่ากลุ่มที่ 4 และ 5 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) พบว่าปริมาณการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary N) และปริมาณการขับไนโตรเจนออกจากร่างกายทั้งหมด (Total N excretion) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ขณะที่ ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูล (Fecal N) มีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยมีการตอบสนองใน

ลักษณะรูปแบบเป็นเส้นตรง (L, P=0.001) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) ขณะที่ กลุ่มอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องจากมีสัดส่วนของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อย (indigestible protein) อยู่สูง และมีความสัมพันธ์กับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) (Tamminga, 1996) ซึ่งปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลที่ต่ำจะช่วยเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย

Table 4.9 Effects of palm kernel cake on nitrogen utilization in goats fed on plicatulum hay as roughage

	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1]						Contrast[2]	
Attribute	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)	SEM	L	Q
N balance, g/d								
Total N intake	15.04^{a}	15.09^{a}	14.40^{ab}	13.66^{b}	13.76^{b}	0.26**	0.15	0.98
N-concentrate	13.80^{a}	13.63^{a}	12.96^{b}	12.47^{b}	12.63^{b}	0.17**	0.15	0.76
N-roughage	1.24	1.46	1.44	1.19	1.12	0.11	0.34	0.20
N digested	10.42^{ab}	11.46^{a}	10.03^{b}	8.72^{c}	8.13^{c}	0.39**	0.02	0.37
N excretion, g/d								
Fecal N	4.62^{b}	3.63^{bc}	4.64^{b}	4.94^{ab}	5.62^{a}	0.35**	0.001	0.04
Urinary N	2.24	2.63	2.22	1.70	1.89	0.28	0.23	0.83
Total N excretion	6.86	6.26	6.48	6.65	7.51	0.37*	0.32	0.16
Absorbed N	10.42^{ab}	11.46^{a}	10.03^{b}	8.72^{c}	8.13^{c}	0.35**	0.02	0.37
Retained N	8.18^{a}	8.83^{a}	7.91^{ab}	7.01^{bc}	6.24^{c}	0.32**	0.03	0.34
N output (% of N intake)								
Fecal	30.69^{bc}	25.23^{c}	30.95^{bc}	36.36^{ab}	41.27^{a}	1.82**	0.001	0.06
Urine	15.03	17.27	14.15	12.12	13.60	1.77	0.31	0.96
Total N loss	45.32^{b}	42.50^{b}	45.10^{b}	48.49^{ab}	54.88^{a}	2.31*	0.03	0.16
Absorbed	69.30^{ab}	74.76^{a}	69.04^{ab}	63.63^{bc}	58.72^{c}	1.82**	0.001	0.06
Retained	54.27^{a}	57.50^{a}	54.89^{a}	51.51^{ab}	45.12^{b}	2.26*	0.04	0.14
PD output, mmol/d	7.76	8.33	7.69	7.42	6.87	0.42	0.27	0.69
Microbial N supply								
g N/d[3]	6.66	7.15	6.60	6.36	5.89	0.37	0.24	0.51
EMNS, g N/kg of OMDR[4]	19.44	18.39	18.20	20.09	20.05	0.72	0.37	0.29

[1] T_1 = Level of PKC 15%, T_2 = Level of PKC 25%, T_3 = Level of PKC 35%, T_4 = Level of PKC 45%, T_5 = Level of PKC 55%.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01.
[2]L = linear, Q = quadratic.
[3]Microbial N (g N/day) = (Xx70)/ (0.116x0.83x1,000) = 0.727xX (where, X = total absorption of purine derivatives) (Chen et al., 1993).
[4]EMNS = Efficiency of microbial nitrogen supply (g N/kg OMDR), organic matter digestible in the rumen (OMRD, kg) = 65 % of organic matter digestible in total tract (ARC, 1984).
SEM = Standard error of the mean (n = 5).

ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) (Table 4.9) พบว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมีความแตกต่างกัน (P<0.01) และมีการตอบสนองในลักษณะรูปแบบเป็นเส้นตรง (L, P=0.2 และ P=0.03) โดยค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทำนองเดียวกับค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (% of N intake) และค่ากักเก็บไนโตรเจน (% of N intake) พบว่า ระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น มีผลต่อค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (58.72-74.76%) และค่ากักเก็บไนโตรเจน (45.12-57.50%) ตามลำดับ โดยลดลง (P<0.01) เมื่อมีระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% ขณะที่ กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น 15-35% ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

อาจเนื่องจาก ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหาร และที่สำคัญคือ ลดสัดส่วนการขับไนโตรเจนในมูลทำให้การกักเก็บไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน อาจเนื่องจาก แพะได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสูตรอาหารที่ให้ทุกสูตรมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) เกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ (5-8 mg/dL; Satter and Slyter, 1974 หรือ 3.3-8.5 mg/100 mL; Kang-Meznarich and Broderick, 1981) (Table 4.5) สำหรับการเจิญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารระดับต่างๆ กัน ใช้เป็นแหล่งพลังงาน และโปรตีนในสูตรอาหาร สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอต่อการดำรงชีพ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ไนโตรเจนจะถูกขับออกมาทางมูล และปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มีกลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระเพาะหมักได้อีก (Church, 1979) ขณะที่พนอม (2526) รายงานว่า กระบือที่ได้รับโปรตีนจากอาหารต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย ไนโตรเจนที่ถูกขับออกมาในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนที่ได้รับ ทำให้ไนโตรเจนที่กักเก็บเป็นลบไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ

การประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนภายในกระเพาะรูเมน โดยประเมินจากระดับอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกมากับปัสสาวะนั้น ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารขันระดับต่างๆ ต่อปริมาณการขับอนุพันธ์พิวรีน และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Table 4.9) โดยพบว่า ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารขันไม่ส่งผลอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออก จุลินทรีย์โปรตีนที่สังเคราะห์ (MNS) และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (EMNS) ของแพะแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับประชากรของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน อาจเนื่องมาจาก สัตว์ได้รับโปรตีน และพลังงานเพียงพอต่อการเจริญเติบโต และสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Clark et al., 1992)

ขณะที่ Balcells et al. (1991); Chen et al. (1992) รายงานว่า ปริมาณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ รวมทั้งประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จะเพิ่มขึ้นตามระดับของไนโตรเจนในอาหาร นอกจากนี้ Hume and Bird (1979) พบว่า หากระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงขึ้นประมาณ 114 mg/l จะทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ Hoover and Stokes (1991) รายงานว่า การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (microbial growth) อาจถูกจำกัดเมื่อมีโปรตีนที่ย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (rumen degradable protein, RDP) น้อยกว่า 10-11% (DM) ของสูตรอาหาร สำหรับการเจริญเติบของจุลินทรีย์สูงสุด

สรุปผลการทดลอง

การศึกษา **การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะ** เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีอาหารแพะ โดยอาศัยอาหารที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ ซึ่งมีลักษณะที่ง่ายสะดวกต่อการนำใช้ประโยชน์ในทุกๆ ระดับ ทั้งในระดับเกษตรกรและระดับอุตสาหกรรมต่อไป

จากการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปการดำเนินการทดลองโดยรวมได้ ดังนี้

- จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในแพะ พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมด (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) ของอาหารหยาบ อาหารข้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมดเฉลี่ย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แม้ว่า เมื่อคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมทาบอลิค พบว่ามีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (Q, $P=0.06$ และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

- สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) เถ้า (Ash) โปรตีน (CP) เยื่อใย (CF) การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร พบว่ามีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.01$) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM, CP, NDF, CF และ ADF ของแพะทุกกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) พบว่า เพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ($P<0.01$)

- ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่ออุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ความเข้มข้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N และค่าเฉลี่ยรวมในกระเพาะรูเมนของแพะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ ทำนองเดียวกับผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในกระแสเลือด และค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือด (PCV) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ

- ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) และกรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ TVFAs ที่เวลา 4

ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม และและกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ขณะที่การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน จากการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungal zoospores) โดยวิธีการนับตรง ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

➢ ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อความสมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนอาหารข้น (N-concentrate) อาหารหยาบ (N-roughage) และปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ด้อยกว่ากลุ่มอื่น (กลุ่มที่ 1, 2 และ 3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) พบว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) และมีการตอบสนองในลักษณะรูปแบบเป็นเส้นตรง (L, $P=0.2$ และ $P=0.03$) โดยค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทำนองเดียวกับค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (% of N intake) และค่ากักเก็บไนโตรเจน (% of N intake) โดยลดลงเมื่อมีระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% ขณะที่ กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น 15-35% ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$)

➢ จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นของแพะสามารถใช้ได้ในระดับ 15-35% PKC โดยไม่มีผลต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจน หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง อย่างไรก็ตาม พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะเฉลี่ย และสมดุลไนโตรเจนสูงสุดในกลุ่มที่ 2 ที่ระดับการทดแทน 25% PKC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ดังนั้น การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้นของแพะสามารถใช้ได้ในระดับ 15-35% จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลือง และ/ หรือแหล่งพลังงานจากข้าวโพดบางส่วนที่มีราคาแพง โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดโดยรวมของอาหาร รวมทั้งอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน กลูโคสในกระแสเลือด และปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่น ซึ่งจะเป็นลู่ทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นโดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิต และการเพิ่มประสิทธิภาพและผลกำไร เนื่องจากราคาอาหารข้นลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการศึกษาจริง โดยการนำใช้ในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร เพื่อทำให้การตรวจสอบผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นให้ผลชัดเจนมากขึ้นและ/ หรือศึกษาในสภาพการเลี้ยงระดับอุตสาหกรรม ต่อไป
- อีกทั้งควรศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ หรือใช้ทดแทนวัตถุดิบที่มีราคาสูง และไม่สามารถผลิตได้เองในภาคใต้ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลงเป็นผลดีต่อเกษตรกร
- ควรมีการศึกษาถึงชนิดของแบคทีเรียในแต่ละกลุ่ม เพื่อที่จะสามารถทราบถึงบทบาทที่ถูกต้องและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างจริงจัง ตลอดจนพัฒนาเทคนิคการตรวจนับ และเทคนิคการวัดชีวมวลของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะ เพื่อให้มีการพัฒนาให้มีความแม่นยำในการวัด

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2530. คำแนะนำในการเลี้ยงแพะ. การส่งเสริมการปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2544. วัตถุดิบอาหารสัตว์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th/inform/kplamoil.html. (15 สิงหาคม 2544).

กรมปศุสัตว์. 2551. สถิติแพะในประเทศไทยรายภาค 2551. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th. (12 มีนาคม 2552).

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

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, ณัฐวุฒิ บุรินทราภิบาล และเฉลียว ศรีชู. 2543ก. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นอาหารเสริมสำหรับโคเนื้อ. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543. หน้า 89-101. นครศรีธรรมราช: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงกระเกษตรและสหกรณ์.

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

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, เฉลิมพล บุญเจือ และอุดมศรี อินทรโชติ. 2543ค. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มเป็นอาหารเสริมสำหรับโครีดนม. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2543. หน้า 130-137. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ทวีพร พูนดุสิต. 2544. การเปรียบเทียบประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตของโคนม โคเนื้อและกระบือเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

ธีรพงศ์ ธีรภัทรสกุล. 2536. การเลี้ยงแพะเชิงธุรกิจ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กรุงเทพฯ.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2547. ความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันไทย. จดหมายข่าวปาล์มน้ำมัน. 4:2-6.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรนิยม, ประกิจ ทองคำ และวรรณา เลี้ยววาริณ. 2546. คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. จ. สงขลา.

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2545. การเลี้ยงดูและการจัดการแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, ทัศนีย์ อภิชาติสรางกูร, สัญชัย จตุรสิทธา และสังเวียน โพธิ์ศรี. 2527. การเลี้ยงแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ปราณี แซ่โค้ว. 2540. การศึกษาส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม. กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

พนอม ศรีวัฒนสมบัติ. 2526. ผลของการเสริมใบกระถินและ/ หรือใบผักตบชวาป่นร่วมกับฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารกระบือปลักต่อการย่อยได้และความสมดุลของไนโตรเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคและอุปโภค. กรุงเทพฯ: มติชน. 352 หน้า.

พานิช ทินนิมิตร และคำแหง โยเหลา. 2529. การเลี้ยงแพะและแกะ. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

มณเฑียร บุญทวีส่ง, กฤษณ์ บุญพิทักษ์ และบรรจง จงรักษ์วัฒนา. 2540. ระดับ Pack cell Volume และโปรตีนในซีรั่มแม่โคบราห์มันภายใต้โครงการส่งเสริมการเลี้ยงโค 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้. *ใน* การศึกษาโครงการส่งแสริมการเลี้ยงโคเนื้อแก่เกษตรกรยากจน 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้. ศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัดชายแดนภาคใต้ สำนักงานปศุสัตว์เขต 9 กรมปศุสัตว์ กรกฎาคม 2540. หน้า 61-71.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2538. ฟางข้าวอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล. 2530. ผลการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มในอาหารต่อการเจริญเติบโตและลักษณะซากของสุกร. ว. สงขลานครินทร์. 9:437-443.

วรรณะ ม้าเฉี่ยว. 2536. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวรรณา แสงคง. 2549. ผลการเสริมผลพลอยได้ที่มีโซเดียมคลอไรด์และกรดนิวคลีอิกต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2534. ศักยภาพในการผลิตแพะพันธุ์พื้นเมือง. ว. สัตวบาล. 1:69-74.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2538. อาหารและการให้อาหารแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. สำนักเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. นครศรีธรรมราช.

วินัย ประลมพ์กาญจน์, วรวิทย์ อณิชาภิชาติ, อุตสาห์ จันทร์อำไพ และบุญธรรม พฤกวานิช. 2526. การศึกษาระดับที่เหมาะสมของกากปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่กระทง. ว. สงขลานครินทร์. 5: 331-336.

วินัย ประลมพ์กาญจน์, เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรพล ชลดำรงกุล และสมเกียรติ ทองรักษ์. 2528. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารสุกรขุน. ว. สงขลานครินทร์. 7:137-144.

วีรสิฐ พุฒิไพโรจน์. 2541. รูปแบบการเลี้ยงแพะและความเป็นไปได้ของการเลี้ยงแพะเชิงธุรกิจในเขตอำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา. ปัญหาพิเศษทางการพัฒนาการเกษตร วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริชัย มามีวัฒนะ. 2532. พันธุ์ปาล์มน้ำมัน: ในโครงการวิจัย และพัฒนาปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี. หน้า 11-15.

สมเกียรติ สายธนู. 2528. การเลี้ยงแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมเกียรติ สายธนู. 2528ก. ลักษณะของการเลี้ยงแพะในประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์. 7: 335-342.

สมบัติ ศรีจันทร์ และสมคิด ชัยเพชร. 2545. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มชนิดอัดน้ำมันเป็นอาหารโคเนื้อ ในระยะต้นและระยะปลายของการขุน. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 19 ณ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี. 22-27 มกราคม 2545. น. 161-170.

สมพงษ์ เทศประสิทธิ์. 2526. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค. ว. สงขลานครินทร์. 5: 227-229.

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สายัณห์ ทัดศรี. 2548. หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุชาติ ชัยวรกุล. 2532. การเลี้ยงแกะ. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. นนทบุรี. 71 หน้า.

สุทิสา แต้มจันทร์. 2548. ปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ของโภชนะและการเจริญเติบโตของโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเสริมด้วยอาหารข้นระดับต่างๆ. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สุธา วัฒนสิทธิ์, วินัย ประลมพ์กาญน์, วีระชัย แสงศิริวรรธนะ และ ธานี วาสิการ. 2535. อิทธิพลของระดับโปรตีนและพลังงานต่อการเจริญเติบโตของไก่กระทงซึ่งได้รับอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ. ว. สงขลานครินทร์. 14: 9-17.

สุธา วัฒนสิทธิ์ และวินัย ประลมพ์กาญน์. 2539. ผลของการเสริมเมทไธโอนีนในสูตรอาหารที่มีกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสำหรับไก่กระทง. ว. สงขลานครินทร์. 18: 177-186.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต คูประเสริญ, จาระรัตน์ ชินาจริยวงค์, สุธา วัฒนสิทธิ์ และวรวิทย์ วณิชาภิชาติ. 2541. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพดในอาหารไก่ไข่ 1. ไก่ไข่ในระยะเจริญเติบโต. ว. สงขลานครินทร์. 20: 303-311.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. ประชากรแพะของประเทศไทย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/main.php?filename=index. (10 มิถุนายน 2552).

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

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร. 2548. พืชเศรษฐกิจ ปาล์มน้ำมันภาคใต้. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://sdoae.doae.go.th/palm.php. (19 สิงหาคม 2008).

อนันต์ วิชชุรังษี. 2548. ผลของระดับอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองภาคใต้ช่วงการตั้งท้องระยะกลาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ, นครปฐม. 297 หน้า.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2548. คู่มือปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: เพ็ทแพลน พับลิชชิ่ง. 304 หน้า.

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

Abdullah, N., H. Hanita, Y. W. Ho, H. Kudo, S. Jalaludin and M. Ivan. 1995. The effects of bentonite on rumen protozoal population and rumen fluid characteristics of sheep fed palm kernel cake. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 8: 249-254.

Abu Hassan, O., K. Nazari and Z. Ahmad Tajuddin. 1995. Beyond in-situ utilization of fibrous agriculture biomass as animal feed: Challenges and considerations for commercial production parameters. Proc. of the 17th. Malaysian Society of Animal Production. 28-30th. May 1995, Penang, Malaysia, pp. 134-137.

Aharoni, Y., H. Tagari and R. C. Bosston. 1991. A new approaches to the quantitative estimation of nitrogen metabolic pathway in the rumen. Br. J. Nutr. 66: 407.

Ahmad, M. B. 1985. Utilization of agro-industrial by-products and non-conventional feed resource as animal feed. Asian Livestock. 10: 176-179.

Ahmad, M. B. 1986. Palm kernel cake as a new feed for cattle. Asian Livestock. 11: 49-56.

Ahmad, M. B. 1988. The use of palm kernel cake as animal feed (part 1). Asian Livestock. 13: 13-19.

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

Al-Rabbat, M.F., R.L. Baldwin and W.C. Weimer. 1971. Microbial growth dependence on ammonia nitrogen in the bovine rumen: a quantitative study. J. Dairy Sci. 54:1162.

AOAC. 1990. Official methods of analyses, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

ARC. 1984. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Suppl. 1, CAB, Slough, Farmam Royal, UK.

Babatunde, G. M., B. L. Fetuga, O. Odumosu and V. A. Oyenuga. 1975. Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. J. Sci. Food Agric. 26:1279-1291.

Babjee, A. M. 1988. The use of palm kernel cake as animal feed (part 1). Asian Livestock. 13: 13-19.

Balcells, J., J. A. Guada, C. Castrillo and J. Gasa. 1991. Urinary excretion of allantoin and allantoin precursors by sheep after different rates of purine infusion into the duodenum. J. Agric. Sci. 116:309–317.

Balcells, J., J. A. Guada, J. M. Peiro and D. S. Parker. 1992. Simultaneous determination of allantoin and oxypurines in biological fluids by high performance liquid chromatography. J. Chromatogr. 575:153-157.

Balcells, J., D. S. Parker and C. J. Seal. 1992. Purine metabolite concentrations in portal and peripheral blood of steers, sheep and rats. Comp. Biochem. Physiol. B 101:633–636.

Boggs, D. L., W. G. Bergen and D. R. Hawkins. 1987. Effects of tallow supplementation and protein withdrawal on ruminal fermentation, microbial synthesis and site of digestion. J. Anim. Sci., 64: 907-914.

Boniface, A. N., R. M. Murray and J. P. Hogan. 1986. Optimum level of ammonia in the rumen liquid of cattle fed tropical pasture hay. Proc. Aust. Soc. Anim. Proc. 16:151-154.

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

Brooks, C. C., G. B. Garner, C. W. Gehrke, M. E. Medhrer and W. H. Pfander. 1954. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 13: 758-764.

Broudiscou, L., S. Pochet and C. Poncet. 1994. Effect of linseed oil supplementation on feed degradation and microbial synthesis in the rumen of ciliate-free and refaunated sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 49:189–202.

Bryant, M. P. and I. M. Robinson. 1961. An improved nonselective culture media for ruminal bacteria and its use in determining diurnal variation in number of bacteria in the rumen. J. Dairy Sci. 44:1446-1453.

Carvalho, L. P. F., A. R. J. Cabrita, R. J. Dewhurst, T. E. J. Vicente, Z. M. C. Lopes and A. J. M. Fonseca. 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.

Castle, E. J. 1956. The rage of passage of foodstuffs through the alimentary tract of the goat. Studies on adult animals fed on hay and concentrates. Br. J. Nutr. 10: 15-23.

Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007a. Effect of levels of urea and cassava chip in concentrate on dry matter intake, ruminal ecology and blood metabolites in growing goats. Songklanakarin J. Sci. and Technol. 29:37-48.

Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007b. Effects of Replacing Ground Corn with Cassava Chip in Concentrate on Feed Intake, Nutrient Utilization, Rumen Fermentation Characteristics and Microbial Populations in Goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20:1557-1566.

Chanjula, P. and W. Ngampongsai. 2009. Effects of sago palm pith as replacement for corn grain on intake, rumen fermentation characteristics and microbial N supply of cattle fed *Paspalum plicatulum* hay. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22:378-387.

Chen, X. B. and M. J. Gomest. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivative -an overview of the technical details. Occassional Publication of International Feed Resources Unit. Rowett Research Institute. Bucsburn, Aberdeen, UK.

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

Chen, X. B., Y. K. Chen, M. F. Franklin, E. R. Ørskov and W. J. Shand. 1992. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. J. Anim. Sci. 70: 1534-1542.

Close, W. H. and K. H. Menke. 1986. Selected Topics in Animal Nutrition. H. Steingass and A. Tröscher, The Institute of Animal Nutrition, University of Hohenheim.

Church, D. C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. I. O&B Books Inc. Corvallis. Oregon.

Clark, J.H., T. H. Klusmeyer and M. R. Cameron. 1992. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. J. Dairy Sci., 75: 2304-2323.

Czerkawski, R. W. 1986. An Introduction to Rumen Studies. Pergamon Press, Oxford 199p.

Devendra, C. 1967. Studies on the nutrition of indigenous goats in Malaysia. pp. 119. Cited by C. Devendra. The protein Requirements for Maintenance of Indigenous Kambing Katjang Goats of Malaysia. MARDI Res. Bull. 8: 111-126.

Devendra, C. 1977. The utilization of feeding stuffs from the oil palm plant. Symposium on Feeding stuffs for Livestock in Southeast Asia. pp. 116-131. Kuala Lumpur: National University of Malaysia.

Devendra, C. 1979. Goat and Sheep production potential in the ASEAN region. World Anim. Rev. 32:33-41.

Devendra, C. 1980. Potential of sheep and goats in less developed countries. J. Anim. Sci. 51: 461-473.

Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. Anim. Prod. 19: 67.

Devendra, C. 1982a. Goat Meat Production in Asia. Proc. Of a workshop held in Tando Jam, Pakistan, 13-18 March, 1988. IDRC, Ottawa, Canada. 262p.

Devendra, C. 1982b. The nutrient requirement for maintenance, growth and lactation of goats in the Asian region. Anim. Prod. and Health Trop. 12: 245-250.

Devendra, C. and G. B. Mcleroy. 1982. Goat and Sheep Production in the Tropics. London: Longman.

Devendra, C. and M. Burns. 1983. Goat Production in the Tropics. 2nd ed. Slough: Commonwealth Agricultural Bureau. Unwin Brothers Ltd. London. 183p.

Devendra, C. and J. E. Owen. 1983. Quantitative and qualitative aspects of meat production form goats. World Anim. Rev. 47: 19-29.

EL-Hag, C. A. 1976. A comparative study between desert goats and sheep in efficiency of food utilization. pp. 96. Cited by C. Devendra and M. Burns. 1983. Goat Production in the Tropics. Slough: Commonwealth Agricultural Bureau. Unwin Brothers Ltd. London. 183p.

Ellis, W. C. and K. L. Bleichner. 1969. Federation of the Proceedings of the Federation of American Societies of Experimental Biology.

Erdman, R. A., G. H. Proctor and J. H. Vandersall. 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 L. L. Berger. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. In: (Ed., D. C. Church). The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. pp. 269-298. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Fetuga, B.L., G. M. Babatunde and V. A. Oyenuga. 1977. The value of palm kernel meal in finishing diets for pigs. 1. The effect of varying the proportion of protein contribution from blood meal and palm kernel meal on the performance and carcass quality of finishing pigs. J. Agric. Sci. (Camb.) 88:655-661.

Ferguson, J.D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. J. Dairy Sci. 76:3742-3746.

Firat, A. and A. Ozpinar. 1996. The study of changes in some blood parameters (glucose, urea, bilirubin AST) during and after pregnancy in association with nutritional conditions and litter size in ewes. Turk Veterinerlik ve Hayvncilik Dergisi. 20:387-393.

Firkins, J. L. 1996. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. J. Nutr. 126:1347S–1354S.

Firkins, J. L. and M. L. Eastridge. 1994. Assessment of the effects of iodine value on fatty acid digestibility, feed intake, and milk production. J. Dairy Sci. 77:2357–2366.

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

Forbes, J. M. and J. France. 1993. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Northampton. The University Press. Cambridge.

Ford, E. J., J. Evans and I. Robinson. 1990. Cortisol in pregnancy toxemia of sheep. Br. Vet. J. 146:539-542.

France, J. and R. C. Siddons. 1993. Volatile fatty acid production. In: Quantitative Aspects Ruminant Digestion and Metabolism. (Eds., J. M. Forbes and J. France). pp 107-122. C.A.B. International, Willingford.

Galbraith, H. and T. B. Miller. 1973. Effect of metal cations and pH on the antibacterial activity and uptake of long chain fatty acids. J. Appl. Bacteriol. 36:635-642.

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

Garnsworthy, P. C. 1988. Nutrition and Lactation in Dairy Cow. Anchor-Brenden Butterworths Press. Nottingham. England. 429p.

Goatcher, W. D. and D. C. Church. 1970. Taste responses in ruminants. IV. Reactions of pygmy goats, normal goats, sheep and cattle to acetic acid and quinine hydrochloride. J. Anim. Sci. 31: 373-382.

Gonda, H. L. 1995. Nutritional status of ruminants determined from excreted and concentration of metabolites in body fluids. Ph.D. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden.

Griinari, J. M., D. A. Dwyer, M. A. McGuire, D. E. Bauman, D. L. Palmquist, and K. V. V. Nurmela. 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:1251–1261.

Haddad, S. G. 2005. Effect of dietary forage: concentrate ratio on growth performance and carcass characteristics of growing Baladi kids. Small Rumin. Res. 57: 43-49.

Hango, A., L. A. Mtenga, G. C. Kifaro, J. Safari, D. E. Mushi and V. R. M. Muhikambele. 2007. A study on growth performance and carcass characteristics of small east African goats under different feeding regimes. (online). Available at: http://www.cipav.org.co/lrrd19/9/hang19130.htm. (Accessed on September 19, 2008).

Harcharan Singh, K. 1976. The Oil Palm Industry of Malaysia: An Economic Study. Penerbit Universiti Malaya, Kuala Lumpur. 354p.

Harmeyer, J. and J. Martens. 1980. Aspect of urea metabolism in ruminants with reference to goat. J. Dairy. Sci. 67: 1072-1089.

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

Hartley, C. W. S. 1977. The Oil Palm. London, Longman.

Hartley, C. W. S. 1988. The Oil Palm. 3rd ed. Longman, London. 761p.

Hair-Bejo, M., J. B. Liang and A. R. Alimon. 1995. Copper tolerance in buffalo: The potential toxic effect of copper in buffalo fed palm kernel cake. In Proc. 17th Malaysian Society of Animal Production Ann. Conf. Penang, Malaysia. pp. 246-247.

Heldt, J. S., R. C. Cochran, C. P. Mathis, B. C. Woods, K. C. Olson, E. C. Titgemeyer, T. G. Nagaraja, E. S. Vanzant and D. E. Johnson. 1999. Effects of level and source of carbohydrates and level of degradable intake protein on intake and digestion of low-quality tallgrass-prairie hay by beef steers. J. Anim. Sci. 77: 2846–2854.

Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dairy Sci. 69:2755-2766.

Hoover, W. H. and S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum Rumen microbial yield. J. Dairy Sci. 74: 3630-3640.

Hove, K. and K. Halse. 1983. Energy metabolism in ruminants with special reference on ketosis and fertility. Proc. 5th Int. onf. Prod. Dis. Farm Anim. Uppsata, Sweden, pp. 115-123.

Hume, I. D. and Bird, P. R. 1979. Synthesis of microbial protein in the rumen. IV. The influence of the level and form of dietary sulphur. Austr. J. Agric. Res. 21: 315-322.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbe. Acadimic Press, New York. NY. 533p.

Hungate, R. E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes. In: Methods in Microbiology. (Eds.) J. R. Norris and D. W. Ribbons. New York. Academic. 313:117.

Hutagalung, R. I. 1985. Nutrient availability and utilisation of unconventional feedstuffs used in tropical regions. In Proc. Feeding Systems of Animals in Temperate Areas. Seoul, Korea. pp. 326-337.

Ikwuegbu, O. A. and J. D. Sutton. 1982. The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. Br. J. Nutr. 48:365–375.

Ivan, M., P. S. Mir, K. M. Koenig, L. M. Rode, L. Neill, T. Entz and Z. Mir. 2001. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissues concentration of conjugated linoleic acid in sheep. Small Rum. Res. 41:215.

Jain, N. C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. Lea & Febiger. Philadelphia.

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

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

Jelan, Z. A., Y. Ishak and T. Yaakub. 1991. Feedlotting of cattle on palm kernel cake in small holder farming system. Proc. 14th Ann. Conf. Malaysia Soc. Anim. Prod. pp. 99-102.

Jenkins, T. C. 1983. Fat interactions in ruminant diets. pp. 117. In Proc. 49th Minnesota Nutr. Conf., Univ. Minnesota, Bloomington.

Jenkins, T. C. and M. L. Thonney. 1988. Effect of propionate level in volatile fatty acid salt mixture fed to lambs on weight gain, body composition and plasma metabolites. J. Anim. Sci. 66:1028.

Kahn, L. P. and J. V. Nolan. 1992. In: Feeding strategies for improving ruminant productivity in areas of fluctuating nutrient supply. IAEA Publication, Vienna. pp. 109-122.

Kaneko, J. J. 1980. Appendixes. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 3rd ed. (Ed. J. J. Kaneko). New York, Academic Press.

Kaneko, J. J. 1989. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th ed. Academic Press, San Diego, California.

Kang-Meznarich, J. H. and G. A. Broderick. 1981. Effects of incremental urea supplementation on ruminal ammonia concentration and bacterial protein formation. J. Anim. Sci. 51:422–431.

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

Khampa, S., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, N. Nontaso, M. A. Wattiaux and P. Rowlinson. 2006. Effect of levels of sodium DL-malate supplementation on ruminal fermentation efficiency of concentrates containing high levels of cassava chip in dairy steers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19:368-375.

Kochapakdee, S., W. Pralomkarn, S. Saithanoo, A. Lawpetchara and B. W. Norton. 1994. Grazing management studies with Thai goat. I. Productivity of female goat grazing newly established pasture with varying levels of supplementary feeding. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 7: 289-293.

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

Latiff, A. 2000. The biology of the genus Elaeis. In Advances in Oil Research,Volume I. (Eds Yusof Basiron, Jalani, B.S. and Chan, K.W). MPOB. 19-38

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

Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. British Veterinary J. 138:70-85.

Lovett, D., S. Lovell, L. Stack, J. Callen, M. Finlay, J. Conolly and F. P. O'Mara. 2003. Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. Livest. Prod. Sci. 84:135.

Löpez, S., F. D. D. Hovell, J. Dijkstra and J. France. 2003. Effects of volatile fatty acid supply on their absorption and water kinetics in the rumen of sheep sustained by intragastric infusions. J. Anim. Sci. 81, 2609–2616.

Lyle, R. R., R. R. Johnson, J. V. Wilhite and W. R. Backus. 1981. Ruminal characteristics in steers as affected by adaptation from forage to all concentrate diets. J. Anim. Sci. 53:1383-1394.

Maczulak, A. E., B. A. Dehority and D. L. Palmquist. 1981. Effects of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. Appl. Environ. Microbiol. 42:856–862.

Machmuller, A., D. A., Ossowski, M. Wanner and M. Kreuzer. 1998. Potential of various fatty feed to reduce methane release from rumen fermentation in vitro (Rusitec). Anim. Feed Sci. Technol. 71:117-126.

Maeng, W. J., C. J. Van Nevel, R. L. Baldwin and J. G. Morris. 1976. Rumen microbial growth rates and yields: effect of amino acids and protein. J. Dairy Sci. 59:68-79.

Mahardika, I. G., D. Sastradipradja, T. Sutardi and I. K. Sumadi. 2000. Nutrient requirements of exercising Swamp Buffalo, *Bubalus bubalis* II. Details of work energy of cows and its relation to heart rate. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1003-1009.

Mahgoub, O., C. D. Lu and R. J. Early. 2000. Effect of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. Small Rumin. Res. 37: 35-42.

Majumdar, B. N. 1960. Studies on goat nutrition digestible protein requirements for maintenance from balance studies. pp. 119. Cited by C. Devendra. The Protein Requirement for Maintenance of Indigenous Kambing Katjang Goats of Malaysia. MARDI Res. Bull.

McAllister, T. A., R. C. Phillippe, L. M. Rode and K. L. Cheng. 1993. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. J. Anim. Sci. 71:205-212.

McDonald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Animal Nutrition. 4th ed., Longman, London. 543p.

Mehrez, A. Z., E. R. Ørskov and I. McDonald. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nutr. 38: 437-443.

Mertens D. R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. pp. 219-235 in Large Dairy Herd Management. H. H. Van Horn and C. J. Wilcox, ed. American Dairy Science Association, Champaign, IL.

Miller, W J and G. D. O.Dell. 1969. Dairy cattle feeding and nutrition. J. Dairy Sci. 52: 1144-1154.

Ministry of Plantation Industries and Commodities, Malaysia. 2006. (online). Available at: http://www.mpopc.org.my/abtegfu2.htm (Accessed on April 12, 2009).

Minson, D. J. 1971. Influence of lignin and silicon on a summative system for assessing the organic matter digestibility of panicum. Aust. J. Agri. Res.22: 529.

Miyashige, T., O. A. Hassan, D. M. Jaafar and H. K. Wong. 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.

Morad, N. A. and A. A. K. Mustafe. 1997. Process design for palm oil refinery. Feed mix. 5: 27-29.

Mtenga, L. A. and A. J. Kitalyi. 1990. Performance and carcass composition of Tanzania goat fed Chloris gayana hay with supplements containing different levels of protein. Small Rumin. Res. 3: 1-8.

Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system, Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71: 2070-2107.

NRC. 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th ed. National Academy press, Washington D.C.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. National Academy press, Washington, D.C.

NRC. 1994. Nutrient Requirements of Poultry, 9th ed. National Academy press, Washington, D.C.

NRC. 1996. Nutrients Requirements of Beef Cattle, 7th ed. National Academies Press, Washington, D.C.

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

Nwokolo, E. N., D. B. Bragg and H. S. Saben. 1977. A nutrition evaluation of palm kernel meal for use in poultry ration. Trop. Sci. 19: 147-154.

Oluyemi, J. A., B. L. Fetuga and H. N. L. Endeley. 1976. The metabolizable energy value of some feed ingredients for young chicks. Poult. Sci. 55: 611-618.

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

Onifade, A. A. and G. M. Babatunde. 1998. Comparison of the utilization of palm kernel meal, brewer's dried grains and maize offal by broiler chicks. British. Poult. Sci. 39: 245-250.

Onwudike, O. C. 1986a. Palm kernel meal as a feed for poultry I. Composition of palm kernel meal and availability of its amino acids to chicks. Anim. Feed Sci. Technol. 16: 179-186.

Onwudike, O. C. 1986b. Palm kernel meal as a feed for poultry II. Diets containing palm kernel meal for starter and grower pullets. Anim. Feed Sci. Technol. 16: 187-194.

Onwudike, O. C. 1986c. Palm kernel meal as a feed for poultry III. Replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. Anim. Feed Sci. Technol. 16: 195-202.

Osei, S. A. and J. Amo. 1987. Palm kernel cake as a broiler feed ingredient. Poult. Sci. 66: 1870-1873.

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

Palmquist, D. L. and T. C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations: Review. J. Dairy Sci. 63:1–14.

Panigrahi, S. and C. J. Powell. 1991. Effects of high rates of inclusion of palm kernel meal in broiler chick diets. Anim. Feed Sci. Technol. 34: 37-47.

Pantoja, J., J. L. Firkins, M. L. Eastridge and B. L. Hull. 1994. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:2341–2356.

Pimpa, O., M. Wanapat, K. Sommart, S. Uriyapongson and D. S. Parker. 1996. Effect of level of ruminal NH_3-N on straw intake, digestibility, ruminal fermentation and urinary purine excretion in swamp buffaloes. Proceeding of the International Workshop on Draft Animal Power to Increase Farming Efficiency and Sustainability. Khon Kaen University. Thailand.

Plumb, D. C. 1999. Veterinary Drug Handbook. Iowa State University Press. 795p.

Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics. Penambull Book Armidale, Australia.

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

Rasedee, A., J. A. Zainal, K. Ragavan and O. Halmi. 1982. The effect of high and low protein diets on block parameters in lactating Friesian cow. Kajian Vet. (Malaysia). 14: 5-13.

Ravindran V. and R. Blair. 1992. Feed resources for poultry production in Asia and Pacific. Plant protein resources. World's Poult. Sci. 48: 205-231.

Roman-Ponce, H., H. H. Van Horn, S. P. Marshall, C. J. Wilcox and P. F. Rendel. 1974. Complete rations for dairy cattle. V. Interaction of sugarcane bagrasse quantity and form with soybean meal, urea and starea. J. Dairy Sci. 58: 1320-1328.

Russell, J. B. 2002. Rumen Microbiology and Its Role In Ruminant Nutrition. Department of Microbiology 157 Wing Hall, Cornell University, Ithaca, NY 14853. USA. 120p.

Russell, J. R. and R. B. Hespell. 1981. Microbial rumen fermentation. J. Dairy Sci. 64: 1153-1169.

Russell, J. B. and C. J. Sniffen. 1984. Effects of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth mixed rumen bacteria *in vitro*. J. Dairy Sci. 67: 987-994.

Russell, J. B. and D. B. Wilson. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? J. Dairy Sci. 79: 1503–1509.

Sachdeva, K. K., O. P. S. Sengar, H. N. Singh and I. L. Lindahl. 1973. Studies on goats. I. Effect of plane of nutrition on the reproductive performance of does. J. Agric. Sci. 80: 375-379.

Salmiah, A. 2000. Non-food Uses of Palm Oil and Palm Kernel Oil. MPOPC Palm Oil Information Series, Kuala Lumpur. 24p.

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

Sarwar, M., J. L. Firkins and M. L. Eastridge. 1992. Effect of varying forage or concentrate carbohydrate on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 75: 1533–1542.

Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on ruminal microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199-208.

SAS. 1990. SAS/STAT™ User's Guide (Release 6.03). SAS Inst., Inc. Cary, NC.

Schipper, I. A. 1992. Preventive Veterinary Medicine. 8th ed. The North Dakota State University Press. Fargo, North Dakota, USA.

Schnieder, B.H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiment Athens: The Univ. of Georgia Press. Georgia, USA.

Schneider, B.H., Flatt, W.P., 1975. Evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press, Athens, USA, pp. 57–78.

Seth, D. N., G. S. Rai, P. C. Yadav and M. D. Pandey. 1976. A note on the rate of secretion of parotid saliva in sheep and goats. Indian J. Anim. Sci. 46: 660-663.

Sengar, O. P. S. 1975. Investigation of milk and meat potential of Indian goats. Final technical report. Raja Balwant Singh College, Bichpuri, Agra, India.

Solomon, M. and B. Simret. 2008. Body weight and carcass characteristics of Somali goats fed hay supplemented with graded levels of peanut cake and wheat bran mixture. Trop. Anim. Health Prod. 40: 553-560.

Song, M. K. and J. J. Kennelly. 1990. Ruminal fermentation pattern, bacteria population and ruminal degradation of feed ingredients as influenced by ruminal ammonia concentration. J. Anim. Sci. 68: 1110-1120.

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

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

Sutton, J. D., R. Knight, A. B. McAllan and R. H. Smith. 1983. Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. Br. J. Nutr. 49: 419–432.

Sutton, J. D., S. V. Morant, J. A. Bines, D. J. Napper and D. I. Givens. 1993. Effect of altering the starch: fibre ratio in the concentrates on hay intake and milk production by Friesian cows. J. Agric. Sci. (Camb). 120: 379-390.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.

Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants J. Anim. Sci. 74: 3112-3124.

Tate, D. J. M. 1996. The RGA History of the Plantation Industry in the Malay Peninsula, Oxford University Press, New York. 688 pp

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant, second ed. Cornell University Press, Ithaca, NY.

Wallace, R. J. 1979. Effect of ammonia concentration on the composition, hydrolytic activity and nitrogen metabolism of the microbial flora of the rumen. J. Appl. Bacteriol. 47: 433-440.

Wanapat, M. 2000. Rumen Manipulation to Increase the Efficient Use of Local Feed Resources and Productivity of Ruminants in the Tropics. In: Proceedings of at 9th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies in conjunction with the twenty-Third Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production. Vol. July 2-7, 2000. Sydney Australia. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 (Supplement):59-67.

Wanapat, M. and O. Pimpa. 1999. Effect of ruminal NH_3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 12:904-907.

Ward, J. K., C. W. Tefft, R. J. Sirny, H. N. Edwards and A. D. Tillman. 1957. Further studies concerning the effect of alfalfa ash upon the utilization of low-quality roughage by ruminant animals. J. Anim. Sci. 16: 633-641.

Williams, C. H., D. J. David and O. Iismaa. 1962. The determination of chromic oxide in feces samples by atomic absorption spectrophotometry. J. Agric. Sci. 59: 381–385

Williams, A.G. and G.S. Coleman. 1992. The Rumen Protozoa. Springer-Verlag, New York.

Windschitl, P. M. 1991. Lactatinal performance of high producing dairy cows fed diets containing salmal meal and urea. J. Dairy. Sci. 74: 3475-3483.

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.

Yeong, S. W. 1982. The nutritive value of palm oil by-products from poultry. Proceedings of the 1st AAAP Congress, Univ. Pertanian Malaysia. Selangor, Malaysia, pp. 217-222.

Young. S. W., T. K. Mukherjee, M. Faizah and M. D. Azizah. 1983. Effect of palm oil by-product based diet on reproductive performance of layers including residual effect on offspring. Philippine J. Vet. Anim. Sci. 9: 93-100.

Yusoff, S. M., M. B. Ahmad and C. F. Yuen. 1985. Utilization of non-conventional feed and agricultural by-products for ruminants in Malaysia. Asian Livestock. 10: 178-184.

Zinn, R. A. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. J. Anim. Sci. 67: 1038-1049.

ภาคผนวก ก

เทคนิคทางจุลชีววิทยาในการตรวจนับจุลินทรีย์รูเมน

การตรวจนับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยวิธีนับตรง (Direct count method)

1. การนับจำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา

ทำการนับจำนวนโปรโตซัว (protozoal count) จำนวนแบคทีเรีย (bacterial count) และจำนวนซูโอสปอร์ (zoospores) ของเชื้อรา (fungal zoospores count) ตามวิธีของ Galyean (1989) ด้วยอุปกรณ์ แสดงดัง Figure 1 (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan) และประชากรจุลินทรีย์ที่พบในของเหลวจากกระเพาะรูเมนแสดงดัง Figure 2

Figure 1. The Material and method to studied and counted microbial populations in the rumen by total direct counts technique using the methods of Galyean (1989)

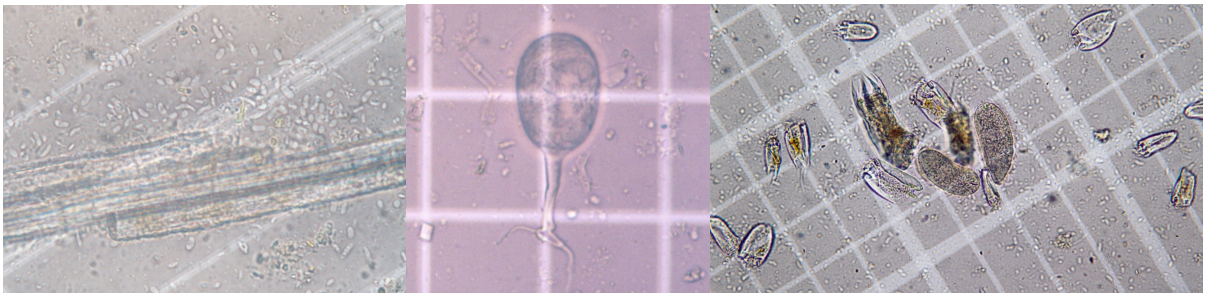


Figure 2. A micrograph showing the rumen bacteria attached the surfaces of a forage particle (left), ruminal zoospore (middle) and holotrich, entodinomorphs grazing on feed particle and bacteria in the background (right)

วิธีการศึกษาเกี่ยวกับ Microscopic direct count (Galyean, 1989) ซึ่งได้แก่

1. Bacteria count
2. Protozoa count
3. Fungal zoospores count

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1 สารเคมี

- Normal saline (0.85% w/v)
- Formalin (10% v/v)
- น้ำกลั่น

1.2 อุปกรณ์

- Haemacytometer ขนาด กว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 มิลลิเมตร และลึก 0.1 มิลลิเมตร
- ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง ขนาด 30 มิลลิลิตร
- สไลด์พร้อม clover grass
- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- กระดาษทิชชู
- หลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร
- ปิเปต
- กล้องจุลทรรศน์ (Model Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan)

1.3 การเตรียม 10% formalin in normal saline (fixing solution)

1. เตรียม normal saline ให้มีความเข้มข้น 0.85% (w/v)

2. เตรียม formalin ให้มีความเข้มข้น 10% (v/v) โดยใช้ normal saline (0.85%) เป็นตัวทำละลาย เช่น ถ้าต้องการเตรียม fixing solution ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะต้องใช้ normal saline 90 มิลลิลิตร และ formalin 10 มิลลิลิตร

1.4 การเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษา

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงเวลาต่างๆ ที่กล่าวใน บทที่ 3 โดยนำของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดที่บรรจุ 10% formalin in normal saline ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ รายละเอียด ดังนี้

1. การนับจำนวนแบคทีเรีย (Bacterial count) โดยทำการเจือจางความเข้มข้นของตัวอย่างของเหลวจากเดิม 10 เท่า เป็น 100 เท่า โดยการดูดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 9 มิลลิลิตร ซึ่งทำให้ปลอดเชื้อโดยการนำไป autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วจากหลอด หยดลงบน haematocytometer วาง cover slip ปิดทับด้านบน ให้ตัวอย่างกระจายจนทั่ว แล้วทำการนับโดยนับจำนวน 20 ช่องเล็ก ใช้กำลังขยาย 400 เท่า (40x) ในแนวเส้นทแยงมุม และนับจำนวน 2 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแบคทีเรีย โดยใช้สูตร

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรแบคทีเรีย

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^6

2. การนับจำนวนโปรโตซัว (Protozoal count) ทำการนับจากตัวอย่างที่เก็บมาได้เลยโดยไม่ต้องทำการเจือจางอีก โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า (10x) นับทั้งหมดใน 1 ช่องใหญ่ซึ่งประกอบด้วย 400 ช่องเล็ก ทำการนับ 2 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการคำนวณประชากรโปรโตซัวโดย
ใช้สูตร

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรโปรโตซัว

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1×10^4

3. การนับจำนวนเชื้อรา (Fungal zoospores count) ทำการนับประชากรเชื้อราเช่นเดียวกับโปรโตซัว แต่นับเพียง 25 ช่องกลาง ทำการนับ 2 ซ้ำ และคำนวณหาจำนวนประชากรเชื้อรา ดังนี้

$$Y = X \times F \times D$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรเชื้อรา

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5×10^5

ภาคผนวก ข

1. แสดงภาพพื้นที่การปลูก ต้นปาล์ม และผลพลอยได้จากปาล์ม และการใช้ประโยชน์ปาล์มน้ำมัน

(a) The map of areas planted with oil palm of Southeast Asia have expanded radically in Malaysia, Indonesia and Thailand

(b) Immature and mature oil palm with full cover of leguminous (left) cover crops

(c) Harvesting of fresh fruit bunches (FFB) and Tractor mounted ‘grabber’

(d) Fresh fruit bunches (FFB) and cross section of a fruitlet

(e) FFBs waiting in line before being sterilized

(f) Palm kernel cake (PKC) and palm kernel meal (PKM)

(g) Fiber and shell

(h) Oil palm leaflets, chopping and oil palm front after chopped into lengths of about 2 cm

(i) Pellets as solid fuel and briquettesbriqu

(j) Empty fruit bunch and palm oil mill effluent (POME)

(k) By-product as shell, fiber using conventionally combusted in mills

(l) Variety of palm oil-based food products and confectionery products containing palm-based cocoa butter substitutes

2. แสดงภาพกรงทดลอง และการเก็บข้อมูลเพื่อวัดความสามารถในการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ของอาหารในแพะ

(m) Metabolism crates, goats and equipment for total collection of feces and urine

(n) Daily urine and feces output was collected into a plastic container and plastic sheet for measuring digestibility, purine derivative (PD) and Nitrogen balance

(o) A blood sampling from jugular vein for analysis BUN, blood glucose and PCV (top) and stomach tube and a vacuum pump (left), ruminal fluid sampling by stomach tube and a vacuum pump for measuring pH, NH_3-N and VFAs (right)

ภาคผนวก ค

เอกสารงานวิจัยภายใต้โครงการที่ได้รับการตีพิมพ์ และที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศและ/ หรือนานาชาติ

1. การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศ

1. อารีย์วรรณ มีแสง **ปิ่น จันจุฬา** วันวิศาข์ งามผ่องใส เสาวนิต คูประเสริฐ และอภิชาติ หล่อเพชร. 2552. ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 5 “ปศุสัตว์ไทยในกระแสเศรษฐกิจถดถอย”, 16 ตุลาคม 2552, ณ ห้องประชุมกวี จุติกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. หน้า หน้า 41-45.

2. การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับนานาชาติ

1. **Chanjula, P.,** A. Mesang, S. Kuprasert, W. Ngampongsai and A. Lawpetchara. 2009. Effects of palm kernel cake in concentrate on intake, rumen fermentation and blood metabolites in goats. In: Proc. the 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November, 2009, Corus Hotel, Kuala Lumpur: Oral 38 pp. 148-149.

3. ผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการนำเสนอเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1. Chanjula, P., A. Mesang, S. Kuprasert, W. Ngampongsai and A. Lawpetchara. 2010. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay-based diet. **To be submitted to Songklanakarin. J. Sci. Technol. 2010. (in press May 19, 2010).**

ประวัติผู้จัดทำรายงานวิจัย

ชื่อ – สกุล นาย ปิ่น จันจุฬา

วัน เดือน ปีเกิด 28 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2507

ตำแหน่งปัจจุบัน - รองศาสตราจารย์ ระดับ 9 ภาควิชาสัตวศาสตร์
คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- รองหัวหน้าภาควิชาสัตวศาสตร์ฝ่ายการจัดการศึกษา
- กรรมการวิชาการประจำคณะทรัพยากรธรรมชาติ
- กรรมการประจำวิทยาเขต

สาขาชำนาญการ โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง

อายุราชการ 17 ปี

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ ท.ช., ป.ม.

ผลงานทางวิชาการ - งานแต่งหนังสือ 1 เล่ม
- บทความวิจัยตีพิมพ์ 20 เรื่อง
- บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ 26 เรื่อง

หน่วยงาน/ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

- ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112

โทร: (074) 558805 โทรสาร (074) 558805

E-mail: pin.c@psu.ac.th