รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT5122020030S

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารแพะ

Utilization of Para Rubber Seed (*Hevea brasiliensis*) Kernel and Palm Kernel Cake to Replace Soybean Meal in Concentrate Supplement for Goat

โดย

รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่น จันจุฬา และคณะ

ภาควิชาสัตวศาสตร์

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2551

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT5122020030S

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารแพะ

Utilization of Para Rubber Seed (*Hevea brasiliensis*) Kernel and Palm Kernel Cake to Replace Soybean Meal in Concentrate Supplement for Goat

โดย

รศ. ดร. ปิ่น จันจุฬา[1]
รศ. ดร. ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล[1]
นายอภิชาติ หล่อเพชร[2]
และนักศึกษาระดับปริญญาโท *

ภาควิชาสัตวศาสตร์[1]
ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก[2]

คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2551

การสนับสนุนนักศึกษา:

1. น.ส. สุภิญญา ชูใจ * รหัส 5110620053

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

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัยเรื่อง **“การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารแพะ”** 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 และบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

คณะผู้วิจัย

พฤษภาคม 2553

รายงานการวิจัยเล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2551

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา 3 ระดับ (0, 20 และ 30%) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 2 ระดับ (20 และ 30%) ในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ โดยศึกษาในแพะน้ำหนักเฉลี่ย 22±2 กิโลกรัม โดยจัดทรีทเมนท์แบบ 3x2 แฟกตอเรียลให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบ 6x6 จตุรัสลาติน เพื่อให้ได้รับอาหารข้นที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร 6 สูตร ตามลำดับ ให้แพะได้รับหญ้าซิกแนลแห้งอย่างเต็มที่ พบว่ามีอิทธิพลร่วมของเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด (P<0.05) และระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (วัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ) กรด-ด่างและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน พบว่าทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) และอยู่ในเกณฑ์ปกติ ขณะที่ค่ากลูโคสในกระแสเลือด ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์ ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์มีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05)

จากผลการทดลองนี้สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนในอาหารข้น ระดับ RSK 20% และ PKC 20% ตามลำดับ ในสูตรอาหารแพะ

คำสำคัญ: เนื้อในเมล็ดยางพารา กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน แพะ

ABSTRACT

This experiment aimed to study effects of levels of rubber seed kernel (RSK; 0, 20 and 30%) and palm kernel cake (PKC; 20 and 30%) in concentrate on dry matter intake and rumen fermentation. Six goats with average liveweight 22±2 kg were randomly assigned according to a 3x2 factorial arrangement in a 6x6 Latin square design to receive six diets. Signal hay was offered on ad lib basis. Based on this experiment, there were significant (P<0.05) interaction of RSK and PKC were detected for Total DMI intake and 0% RSK were greater (P<0.05) as compared with 20 and 30% RSK, respectively. Digestion coefficients of nutrients (DM and OM), pH and NH_3–N were similar (P>0.05) for all diets and all treatment were within the normal range, whilst, BUN and blood glucose, volatile fatty acids, rumen microorganism populations, nitrogen balance and efficiency of microbial nitrogen supply were similar among treatment (P>0.05).

It could be concluded that the optimal level of RSK and PKC in concentrate should be 20% for goat fed with signal hay and it was good approach in exploiting local feed resources for further goat production.

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

สารบาญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
บทคัดย่อ	(ข)
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(3)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ	3
หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	3
การตรวจเอกสาร	4
ลักษณะทั่วไปของยางพาราและลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดยางพารา	8
ชนิดและปริมาณไขมันในเนื้อในเมล็ดยางพารา	9
สารพิษในเมล็ดยางพาร	10
การใช้เมล็ดยางพาราและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์	11
ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	14
ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม	15
คุณค่าทางโภชนะของกากปาล์มน้ำมัน และ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	16
บทบาทของปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์	18
การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	19
สถานภาพการเลี้ยงแพะในประเทศไทย	23
บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	24
นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน	25
การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน	26
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	28
ผลการทดลองและวิจารณ์	33
สรุปผลการทดลอง	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	62

สารบาญตาราง

Table		Page
2.1	Planted area of natural rubber in the world (ha)	4
2.2	Production of natural rubber (tonnes) in the world	4
2.3	Potential for rubber seed collection	5
2.4	Potential for rubber seed collection in Thailand	6
2.5	Chemical compositions of rubber seed kernel, rubber seed meal, defatted soybean meal and full fat soybean	9
2.6	Amino acid contents of rubber seed kernel, rubber seed meal, defatted soybean meal and full fat soybean	9
2.7	Fatty acid contents of rubber seed kernel oil and soybean oil	10
2.8	Fatty acid compositions of palm oil products, soy oil and coconut oil	15
2.9	Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis) by methods of extraction process	17
3.1	Ingredient and chemical composition of goat rations (% DM basis)	28
4.1	Chemical composition of the experimental diets, signal hay (SH), rubber seed kernel (RSK), palm kernel cake (PKC) and soybean meal (SBM)	33
4.2	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on feed intake (kg/d) in goats fed on signal hay as roughage	35
4.3	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on apparent digestibility and digestible nutrient intake in goats fed on signal hay as roughage	36
4.4	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on rumen fermentation characteristics and blood urea nitrogen in goats fed on signal hay as roughage	38
4.5	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on blood metabolized characteristics in goats fed on signal hay as roughage	39
4.6	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on volatile fatty acid profiles in goats fed on signal hay as roughage	41
4.7	Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on on rumen microbs in goats fed on signal hay as roughage	43
4.8	Effects of palm kernel cake on nitrogen utilization in goats fed on plicatulum hay as roughage	45

สารบาญภาพ

Figure		Page
2.1	Characteristics of para rubber root system	6
2.2	Characteristics of stem, leaf and bud of para rubber	7
2.3	Characteristics of para rubber flower and fruit of para rubber	8
2.4	Structure of linamarin ($C_{10}H_{17}NO_6$) and cyanogenesis process breakdown HCN	11
2.5	Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria	24
2.6	Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen	25

การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารแพะ

Utilization of Para Rubber Seed (*Hevea brasiliensis*) Kernel and Palm Kernel Cake to Replace Soybean Meal in Concentrate Supplement for Goat

บทนำ

ปัญหาที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์คือ วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอาหารสัตว์ในประเทศกำลังพัฒนามีราคาแพง และขาดแคลน เพราะอาหารสัตว์นับว่าเป็นปัจจัยหลักของต้นทุนการผลิตสัตว์ (60-70%) ทั้งปริมาณ และคุณภาพ ปัจจุบันประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเฉพาะปลาป่น กากถั่วเหลือง และข้าวโพดเป็นเงินมหาศาล นอกจากนี้ ยังมีการนำวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดไปใช้ในการผลิตพลังงานทดแทน หรือพลังงานทางเลือก (alternative energy sources) กันมากขึ้น เช่น biodiesel และ bioethanol เป็นต้น (Koh and Ghazoul, 2008) จึงทำให้ราคาวัตถุดิบแพงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้น เพื่อเป็นการสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรรายย่อย และระดับอุตสาหกรรมให้มีรายได้ และเป็นอาหารของครัวโลก (kitchen of the world) ที่สำคัญตามนโยบายของรัฐบาล จึงจำเป็นในการศึกษาวิจัย และพัฒนาใช้ทรัพยากรอาหารที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (local feed resources) หรือผลพลอยได้ทางการเกษตรที่เหลือทิ้ง หรือมีราคาถูก มาทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง หรือขาดแคลน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสัตว์มีต้นทุนต่ำลง เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถอยู่รอดได้ โดยเฉพาะเมล็ดยางพารา และ/ หรือกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกยางพารา และอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่มีมากในภาคใต้ และในอนาคตมีแนวโน้มการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ที่มีประสิทธิภาพทั้งปริมาณ และคุณค่าทางโภชนะเพื่อผลิตเนื้อและน้ำนมจากเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันให้มีคุณภาพสูง ต่อไป

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศที่ทำรายได้ให้แก่ประเทศไทย ปีละหลายหมื่นล้านบาท จากรายงานสำนักเศรษฐกิจการเกษตร (2548) ประเทศไทยมีรายได้จากการขายยางพารา ในปี 2548 มีมูลค่าถึง 159,494 ล้านบาท นอกจากนี้ ในกระบวนการผลิตยางพารายังมีผลพลอยได้ที่สำคัญ คือเมล็ดยางพารา (rubber seed) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เมล็ดประกอบด้วยเปลือกและเนื้อในเมล็ดประมาณ 37-40 และ 60-63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ดมีน้ำมันในปริมาณที่สูงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Georgi et al., 1932) ซึ่ง Babatunde and Pond (1987b) รายงานว่า น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดยางพารามีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว 13.9 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 80.5 เปอร์เซ็นต์ และอุดมไปด้วยกรดไขมัน linoleic และ linolenic acid อยู่ในปริมาณที่สูง ซึ่งน้ำมันที่สกัดได้สามารถนำไปใช้เชิงพาณิชย์เพื่อทำอาหารและ/ หรืออุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ทำสบู่ น้ำมันเคลือบเงา การผสมสี และเครื่องสำอาง เป็นต้น ส่วนกากเนื้อในเมล็ดยางภายหลังการสกัดน้ำมันสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดยางพารามีโปรตีนสูงถึง 26-27 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยต่ำ 10-14 เปอร์เซ็นต์ (เทอดชัย และคณะ, 2520; อุทัย, 2529; ศิริศักดิ์, 2531) จึงมีการนำมาศึกษาคุณค่าทางอาหารทั้งในอาหารหนู (Bressani et al., 1983; Babatunde and Pond, 1987b) อาหารสัตว์ปีก (Buvanendran and Siriwandene, 1970; Yeong and Syed Ali, 1979; Yeong et al., 1981; Narahari and Kothandaraman, 1984) และในสุกร (Rajaguru and Ravindran, 1979; Ong and Radem, 1981) อย่างไรก็ตาม การศึกษาการ

ใช้เมล็ด หรือเนื้อในเมล็ดยางพาราโดยเฉพาะการนำมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ ในระดับเกษตรกรทั่วไปยังมีข้อมูลจำกัด อีกทั้งจำเป็นที่จะต้องอาศัยการศึกษาเพิ่มเติมในการเพิ่มศักยภาพการใช้เมล็ด หรือเนื้อในเมล็ดยางพาราให้สูงขึ้น โดยเฉพาะนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับแพะที่มีคุณภาพ เพื่อที่จะเป็นการกระตุ้นการใช้เมล็ด หรือเนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งในประเทศไทยยังมีการวิจัย และพัฒนาการใช้ประโยชน์ด้านนี้น้อยมาก

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชยืนต้นที่มีการปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นของโลก (เส้นรุ้ง 10° N-S) ปัจจุบันมีประเทศที่ปลูกพืชชนิดนี้ จำนวน 42 ประเทศ การขยายตัวของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 30 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะในประเทศอินโดนีเซียและมาเลเซียซึ่งมีปริมาณการผลิตมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และสองของโลก สำหรับประเทศไทย ยังมีการเพาะปลูกปาล์มน้ำมันน้อยอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศดังกล่าว (1.4 ล้านไร่ หรือ 0.02% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวทั้งโลก) (ธีระ, 2547) แต่ปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากปัญหาความต้องการใช้น้ำมัน และพลังงานในประเทศที่สูงเพิ่มมากขึ้น และเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต ตลอดจนการได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐบาลเพื่อเป็นแหล่งพลังงานทางเลือก ซึ่งในกระบวนเพาะปลูก การผลิต และการแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือ หรือผลพลอยได้จากปาล์มและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (oil palm by-products) และเศษเหลืออื่นๆ จำนวนมาก ซึ่งในประเทศไทยยังมีการวิจัย และพัฒนาการใช้ประโยชน์ด้านนี้น้อยมาก โดยเฉพาะการนำวัสดุผลพลอยได้มาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น

ดังนั้น โครงการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ และเป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องร่วมกับอุตสาหกรรมการผลิตยางพารา และอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอยู่ในท้องถิ่นภาคใต้ ภาคตะวันออก และภาคอื่นๆ ซึ่งในปัจจุบันรัฐบาลได้ส่งเสริมให้มีการปลูก และได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น อันเป็นการนำวัตถุดิบในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้สัตว์มีสมรรถภาพการผลิตที่สูงขึ้น ภายใต้ต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง ตลอดจนเผยแพร่ผลงานวิจัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการวิจัย เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านการเรียนการสอนและการผลิตของเกษตรกรทั้งระดับรายย่อย และอุตสาหกรรม ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะในด้านสมดุลไนโตรเจน และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

3. เพื่อเป็นแนวทางการผลิตสูตรอาหารผสมครบส่วน หรืออาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) ที่มีเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสำหรับแพะ ต่อไป

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาการนำใช้ประโยชน์จากเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหาร โดยเน้นการศึกษาปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมักนิเวศวิทยาและผลกระทบในกระเพาะรูเมน เทคนิคทางด้านจุลชีววิทยาเบื้องต้นในการแบ่งกลุ่มจุลินทรีย์ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตจุลินทรีย์โปรตีน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ทราบผลของการนำเนื้อในเมล็ดยางพาร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้เป็นแหล่งทดแทนโปรตีน หรือพลังงานในอาหารขันสำหรับเลี้ยงแพะในภาคใต้ เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีน และพลังงานจากวัตถุดิบกากถั่วเหลือง และข้าวโพดที่มีราคาสูง ซึ่งจะทำให้เกษตรผู้เลี้ยงแพะใช้ต้นทุนการผลิตต่ำลง และได้ผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะสูงขึ้น

2. ได้องค์ความรู้ที่จะนำไปใช้แนะนำเกษตรกรในการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะ

3. เกษตรกรที่สนใจสามารถผลิตอาหารขัน หรืออาหารผสมสำเร็จรูป ที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้เลี้ยงแพะได้ด้วยตนเอง

4. สามารถเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ วารสารทางวิชาการทั้งระดับประเทศและนานาชาติ

หน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

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

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของยางพาราและลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แหล่งผลิตยางพาราและผลผลิตเมล็ดยางพารา

ยางพารา (para rubber) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก จัดเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีถิ่นกำเนิดในป่าเขตร้อนชื้น และฝนตกชุก แถบลุ่มแม่น้ำอเมซอนประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้ ยางพารานับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก Sovanno (2002) รายงานว่า มีการปลูกยางพารากระจายอยู่ตามทวีปต่างๆ แต่พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เกือบร้อยละ 90 อยู่ในทวีปเอเชีย (Table 2.1) ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่ปลูกยางพารากระจายอยู่ตามประเทศต่างๆ ทั่วโลกมากกว่า 24 ประเทศ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 63.26 ล้านไร่ แต่พื้นที่ปลูกยางพาราส่วนใหญ่เกือบร้อยละ 90 อยู่ในทวีปเอเชีย เช่น อินโดนีเซีย ไทย และมาเลเซีย เป็นต้น (สถาบันวิจัยยาง, 2550) อย่างไรก็ตาม พื้นที่ปลูกได้มีการเปลี่ยนไปมากในช่วง 15 ปี ถึงปัจจุบัน เป็นผลจากความต้องการใช้ผลผลิตยางธรรมชาติ และการขยายตัวของเศรษฐกิจโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ผลผลิตยางพาราของโลก แสดงดัง Table 2.2 โดยในปี 1999 ผลิตได้ประมาณ 6,636,259 ตัน ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

Table 2.1 Planted area of natural rubber in the world (ha)

Planted area	1985	1990	1995	1999
World	6,049333	6,650,730	7,192,814	7,346,938
Asia	5,673,017	6,157,069	6,617,625	6,669,338
Africa	291,397	409,616	474,680	515,000
South America	51,806	52,360	52,640	80,000
North & Central America	25,113	25,285	34,869	38,600
Oceania	8,000	6,400	13,000	14,000

ที่มา: Sovanno (2002)

Table 2.2 Production of natural rubber (tonnes) in the world

	1985	1990	1995	1999
World	4,247,161	5,223,885	6,334,274	6,636,259
Asia	3,938,909	4,826,863	5,934,351	6,135,440
Africa	233,485	319,646	291,055	353,331
South America	47,177	33,499	56,355	85,000
North & Central America	22,571	40,654	46,003	55,488
Oceania	5,019	3,223	6,510	7,000

ที่มา: Sovanno (2002)

ประเทศไทยเริ่มมีการนำยางพาราจากประเทศมาเลเซียเข้ามาปลูกเมื่อ ปี พ. ศ. 2442 โดยเจ้าพระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) เจ้าเมืองตรังเป็นผู้นำต้นยางมาปลูกต้นแรกที่จังหวัดตรัง หลังจากนั้นมีราษฎรนำไปปลูกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในแถบจังหวัดสงขลา พัทลุง นราธิวาส และยะลา เป็นต้น จนปัจจุบันมีต้นยางพารากระจายทั่วทุกภาคของประเทศ (นุชนารถ, 2548) ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นอันดับ 2 รองจากประเทศอินโดนีเซีย (14,338,046 และ 20,493,800 ไร่ ตามลำดับ) (สถาบันวิจัยยาง, 2550) แต่เป็นผู้ส่งออกยางธรรมชาติ อันดับ 1 ของโลก มีการผลิตประมาณปีละ 3 ล้านตัน หรือ 36 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการผลิตของโลก และส่งออกมากกว่า ร้อยละ 42 ของปริมาณการส่งออกทั้งหมดของโลก รายได้จากการส่งออกยางในรูปวัตถุดิบมีมูลค่ามากกว่า 1.4 ล้านบาท (นุชนารถ และอรวรรณ, 2550)

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอันดับที่ 2 รองจากข้าว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2541) จากการสำรวจพื้นที่ปลูกยางพาราโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรร่วมกับสถาบันวิจัยยางในปี พ.ศ. 2549 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 14,338,046 ไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2550) และปี พ.ศ. 2550 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 15,356,703 ไร่ โดยกระจายอยู่ในเขตภาคใต้ 11,113,136 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2,143,206 ไร่ ภาคกลาง 1,697,967ไร่ และภาคเหนือ 402,214 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550ข) โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด (ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ) ภายในพื้นที่หนึ่งไร่สามารถปลูกยางพาราได้ประมาณ 76–80 ต้น การปลูกยางพาราโดยทั่วไปต้องการผลผลิตคือน้ำยางพารา หรือน้ำยางธรรมชาติ (latex) เป็นหลัก น้ำยางประกอบด้วยอนุภาคยาง 35% อื่นๆ 3% และน้ำ 62% (พายับ, 2538) นอกจากนั้น ยังมีผลพลอยได้อื่นๆ เช่น เมล็ดยางพารา (rubber seed) ต้นยางพารา (rubber tree) (ต้นยางแก่ที่โค่นเพื่อปลูกยางใหม่ทดแทน) ซึ่งเป็นวัสดุที่สำคัญในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่สวยงาม และมีความทนทาน โดยทั่วไปต้นยางพาราจะเริ่มออกดอก และติดผลเมื่อมีอายุประมาณ 3-6 ปี แต่พบว่าจะมีการติดผลมากเมื่อมีอายุ 10 ปีขึ้นไป ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู แต่ละพูมีเมล็ดอยู่ข้างใน ผลหนึ่งมี 3-4 เมล็ด ยางพาราต้นหนึ่งให้ผลประมาณ 50 ผลต่อปี (สมศักดิ์, 2531) ดังนั้น ยางพาราหนึ่งต้นจะมีเมล็ดยางพาราประมาณ 150–200 เมล็ด (รัตน์, 2520; สมศักดิ์, 2531) พื้นที่หนึ่งไร่สามารถผลิตเมล็ดยางพาราได้ประมาณ 133 กิโลกรัม ขณะที่ Siriwardene et al. (1972) รายงานว่า สามารถผลิตเมล็ดยางพาราได้ประมาณ 1,200-1,300 กิโลกรัมต่อ hectare (192-208 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งความแตกต่างอาจเนื่องมาจากสายพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการ เป็นต้น โดยยางพาราจะตกเมล็ดเป็นฤดูประมาณ 2 เดือน ผลผลิตเมล็ดยางพาราของโลก ในปี 1983 มีประมาณ 1.68 ล้านตัน และประมาณการผลผลิตเมล็ดยางพาราในประเทศต่างๆ แสดงดัง Table 2.3

Table 2.3 Potential for rubber seed collection

Country	Year of estimate	Area cultivated (‘000 ha)	Seed collection (tonnes/ year)
Brazil	1965	20	1,100
China	1982	453	24,915
India	1987	398	21,890
Indonesia	1986	2,872	157,96
Liberia	1973	120	6,600
Malaysia	1987	1,875	103,125
Nigeria	1982	185	10,175
Sri Lanka	1987	205	11,275
Thailand	1986	1,718	94,490
Vietnam	1983	115	6,325

ที่มา: Stosic and Kaykay (1991)

Note: Total seed collection is 437,855 tonnes/ year (Source: Association of Natural Rubber Production Countries, Kuala Lumpur)

ส่วนประเทศไทย ปริมาณของเมล็ดยางพาราเพิ่มขึ้นทุกปี (Table 2.4) ตามพื้นที่การผลิตที่เพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2546 ประเทศไทยมีเมล็ดยางพาราประมาณ 1,269,920 ตัน มีการนำเมล็ดยางพาราไปสกัดน้ำมันประมาณ 152,390 ตัน และผลิตเป็นต้นตอยางพันธุ์ดีจำนวน 27,938 ตัน เมล็ดยางพาราที่เหลือถูกปล่อยให้เน่าเปื่อยสลายไปประมาณ 1,089,592 ตัน (กรมพลังงานทดแทน, 2547) ซึ่งเมล็ดยางที่มีคุณภาพดีจะเป็นเมล็ดยางที่เก็บได้หลังจากแตกมาจากผล และมีเวลาสัมผัสกับพื้นดินในช่วงสั้นๆ ใหม่

ดังนั้น หากนำเมล็ดยางพาราเหล่านั้นมากะเทาะเปลือกออก โดยคำนวณจากเมล็ดยางพาราประกอบด้วยเนื้อใน 41.2 เปอร์เซ็นต์ (พันทิพา, 2538) พบว่า มีเนื้อในเมล็ดยางพาราที่สามารถนำมาเลี้ยงสัตว์ประมาณ 448,912 ตัน เทอดชัย และคณะ (2520); อุทัย (2529) และ ศิริศักดิ์ (2531) รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดยางพารามีโปรตีนสูงถึง 26-27 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยต่ำ 10-14% ซึ่งคุณภาพโปรตีนของกากเมล็ดยางพารามีคุณภาพใกล้เคียงกับกากเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ยกเว้น กากถั่วเหลือง (Fetuga et al., 1978) โดยมีปริมาณกรดแอมิโนไลซีน (lysine, Lys) อาร์จินีน (arginine, Arg) และทริปโตเฟน (tryptophan, Trp) อยู่สูง แต่มีกรดแอมิโนเมทไธโอนีน (methionine, Met) ค่อนข้างต่ำ (เทอดชัย และคณะ, 2520; Tinnimit, 1985)

Table 2.4 Potential for rubber seed collection in Thailand

ปี (พ. ศ.)	ปริมาณเมล็ดยางพารา (ตัน)	ที่มา
2525	261,000	ยุทธนา (2525)[1]
2528	474,377	สุรัตน (2528)[2]
2543	484,000	กำชัย (2544)[3]
2547	1,269,920	กรมพลังงานทดแทน (2547)

หมายเหตุ: [1, 2, 3] คำนวณจากปริมาณพื้นที่ปลูก และผลผลิตต่อต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ยางพาราเป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่มีอายุยืนยาวนับร้อยๆ ปี เป็นพืชที่มีใบเลี้ยงคู่อยู่ในวงศ์ (family) Euphorfiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* (ราชบัณฑิตสถาน, 2525) มีลักษณะของส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ราก (root) เป็นระบบรากแก้ว (tap root system) คือมีรากแก้ว และรากแขนงเพื่อหาอาหารและยึดลำต้น (Figure 2.1) ปกติรากแก้วของยางพาราจะไม่ลึกมากนักประมาณเพียง 1.5-2 เมตรเท่านั้น (Figure 2.1) นอกจากในที่ดินดีอาจหยั่งลึกลงไปได้มากกว่า 2 เมตร นอกจากนี้ ยังมีระบบรากฝอย (lateral or feeding root) เพื่อหาอาหาร โดยจะหากินอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าใต้ดินลึกๆ (อุดม, 2541)

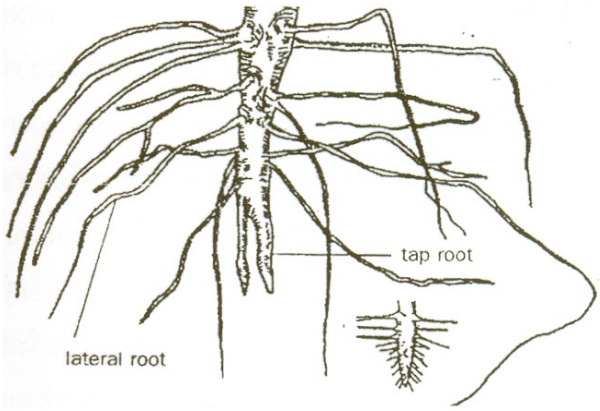

Figure 2.1 Characteristics of para rubber root system
ที่มา: อุดม (2541)

2. ลำต้น (stem) ต้นไม้ยางพาราเป็นต้นไม้ประเภทเนื้ออ่อน ลำต้นตรง (Figure 2.2) ประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

1) เนื้อไม้แข็ง (pith) อยู่ตรงแกนกลางลำต้น

2) เนื้อไม้ (wood หรือ xylem) เป็นชั้นที่อยู่ถัดออกมา

3) เยื่อเจริญ (cambium) เป็นเนื้อเยื่อบางๆ อยู่รอบเนื้อไม้ มีหน้าที่สร้างความเจริญเติบโต

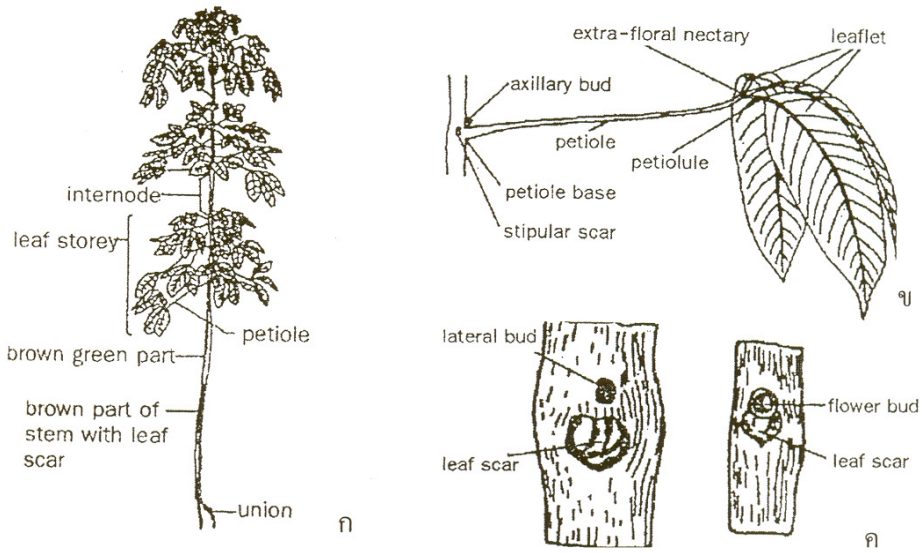

Figure 2.2 Characteristics of stem, leaf and bud of para rubber
ที่มา: อุดม (2541)

3. เปลือกไม้ (bark) อยู่ถัดจากเนื้อเยื่อเจริญออกมาด้านนอกสุดเป็นสำคัญ เพราะมีท่อน้ำยางอยู่บริเวณส่วนนี้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนนอกสุด เรียกว่า epidermis มีสีเขียว เมื่อยางมียังอายุน้อยแต่เมื่ออายุมากเข้าจะกลายเป็นสีน้ำตาลและหนาขึ้น เรียกว่า cork layer ส่วนกลางหรือส่วนที่เป็นเปลือกแข็ง (hard bark) ประกอบด้วย stone cell และท่อน้ำยาง (latex vessel) ซึ่งจะมีมากน้อยแตกต่างกันไปตามพันธุ์ stone cell นี้ มีส่วนทำให้เปลือกยางแข็ง มีสีเหลืองและเปราะ ถ้ามีจำนวนมากจะทำให้กรีดยางลำบากขึ้น และส่วนสุดท้ายก็คือ ส่วนใน หรือส่วนที่เป็นเปลือกอ่อน (soft bark) เป็นส่วนที่มีท่อยางอยู่มาก โดยเฉพาะด้านในสุดของเปลือกที่ติดกับเยื่อเจริญ (cambium) จะยิ่งมีท่อยางมากขึ้น และจำนวน stone cell จะค่อยๆ หมดไป

การเจริญเติบโตของยางพาราในระยะแรกจะเจริญทางสูงก่อน เมื่อเจริญเติบโตได้ระยะหนึ่งแล้วเซลล์จึงจะขยายตัวออกทางด้านข้าง ยางพาราที่มีการเจริญเติบโตตามปกติจะมีเส้นรอบวงของต้นขยายออกเพิ่มขึ้นปีละประมาณ 10 เซนติเมตร

4. ใบ (Leaf) เป็นใบประเภทใบรวม โดยทั่วๆ ไป 1 ก้านใบ จะมีใบย่อยอยู่ 3 ใบ (Figure 2.2) แต่บางพันธุ์อาจมีอยู่ 4-5 ใบ เช่น RRIM 701, RRIM 703 และ PB 235 เป็นต้น ลักษณะใบจะมีสีเขียวมัน เข้มหรือจางมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ ใบยาวประมาณ 10–20 เซนติเมตร มีหน้าที่ปรุงอาหารให้แก่ต้นยาง ปกติยางจะผลัดใบปีละครั้ง ในภาคตะวันออกเริ่มตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมกราคม และเดือนกุมภาพันธ์

ปกติยางออกดอกปีละ 2 ครั้ง โดยจะออกดอกราวเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน ครั้งหนึ่ง และจะออกดอกเดือนสิงหาคม-ตุลาคม อีกครั้งหนึ่ง การออกดอกครั้งแรกเป็นการออกดอกตามฤดูกาล ซึ่งให้ผลและเมล็ดมากกว่าการออกดอกครั้งที่สอง

5. ผล (fruit) เกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้กับเกสรตัวเมีย ยางพาราเป็นพืชที่มีการผสมเกสรแบบเปิด (open nollinated) ดอกที่ผสมติดแล้วรังไข่จะขยายตัวออกช้าๆ และจะโตเร็วขึ้นภายในระยะ 2 เดือน

เมื่อผลมีอายุ 2.5-3 เดือน จะโตเต็มที่ ผลยางมีลักษณะเป็นพู โดยปกติจะมี 3 พู ในแต่ละพูจะมีเมล็ดอยู่ภายใน ผลขณะอ่อนมีสีเขียวแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (Figure 2.3) ผลจะแตกและหล่นมาเองเมื่อแก่จัด ผลโตเต็มที่จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.5-5.0 เซนติเมตร สูงประมาณ 4.5 เซนติเมตร ในยางต้นหนึ่งจะให้ผลเฉลี่ย 50 ผลต่อปี

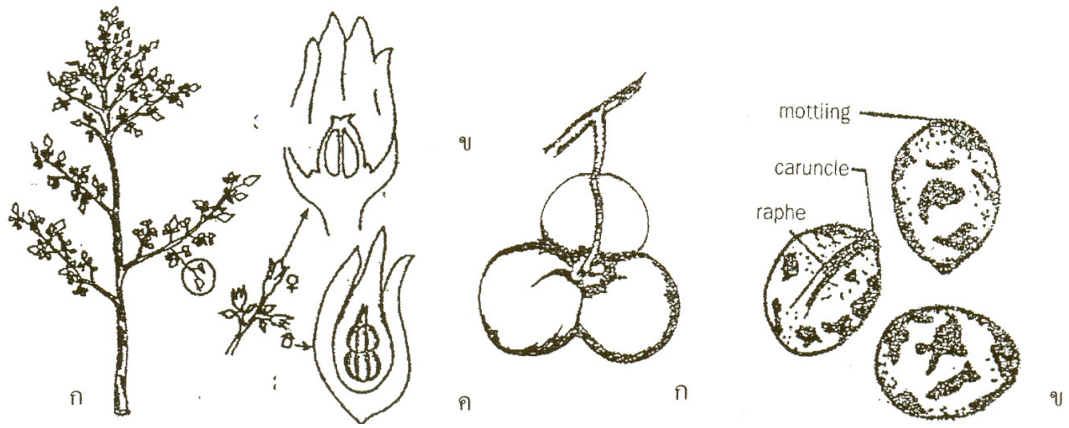

Figure 2.3 Characteristics of para rubber flower and fruit of para rubber
ที่มา: อุดม (2541)

6. เมล็ด (seed) คือส่วนที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบในการผสมในสูตรอาหาร เมล็ดยางพาราจะมีสีน้ำตาลลายขาวคล้ายสีเมล็ดละหุ่ง มีขนาดยาวประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร และหนัก 3.6 กรัม เมล็ดยางพาราจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยลงทุกวันๆ ละ 4-5 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ร่วงหล่นลงมา นั่นคือ เมล็ดยาง จะรักษาความงอกไว้ได้ประมาณ 20 วันเท่านั้น อาจเนื่องมาจาก การทำงานของเอนไซม์ไล-เปส (lipase activity) และการเข้าทำลายของเชื้อรา (fungi) ที่ปนเปื้อนกับเมล็ดตามระยะเวลาของเมล็ดที่อยู่บนพื้นดิน (Siriwardene et al., 1972) และจากการศึกษาของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (2548) รายงานว่าเมล็ดยางสด 1 กิโลกรัมมีประมาณ 100-400 เมล็ด หรือเมล็ดยางสด 1 ปิ๊บ จะมีน้ำหนัก 9-10 กิโลกรัม และ/หรือ เมล็ดยางสด 1 กระสอบ จะมีน้ำหนัก 55-60 กิโลกรัม หรือ 10,000-12,000 เมล็ด ตามลำดับ

ส่วนประกอบทางเคมีของเมล็ดยางพารา

ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุยืนยาวนับร้อยปี ต้นยางพาราเริ่มให้เมล็ดเมื่ออายุ 6 ปี และให้เมล็ดมากเมื่ออายุมากกว่า 10 ปี ขึ้นไป ผลยางพารามีลักษณะเป็นพู แต่ละพูมีเมล็ดอยู่ข้างใน ผลหนึ่งมี 3-4 เมล็ด ยางพาราต้นหนึ่งให้ผลประมาณ 50 ผลต่อปี หรือให้เมล็ด 150 เมล็ดต่อต้นต่อปี (สมศักดิ์, 2531) เมล็ดยางพาราอบแห้งประกอบด้วยเปลือก เนื้อในเมล็ด (kernel) และไขมัน ประมาณ 37-40, 60-63 และ 40-50 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนัก) ตามลำดับ (สุรัตน, 2528) ขณะที่ พันทิพา (2538) กล่าวว่า เมล็ดยางพาราสภาพสดประกอบด้วย เปลือก 34.1 เปอร์เซ็นต์ เนื้อใน 41.2 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 24.7 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเมล็ดยางพารา (Table 2.5) พบว่าโปรตีนรวมของเนื้อในเมล็ดยางพารามีค่าสูงกว่ากากเมล็ดยางพารา แต่มีค่าน้อยกว่ากากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และถั่วเหลืองไขมันเต็ม (17.16, 11.80, 45.94 และ 37.00% ตามลำดับ) (กำชัย, 2544; ศิริชัย และคณะ, 2525; ทัสดาว, 2550; NRC, 1994) และเมื่อพิจารณาชนิด และปริมาณกรดแอมิโนในเนื้อในเมล็ดยางพารา กำ-

ชัย (2544) รายงานว่า เนื้อในเมล็ดยางพารา ประกอบด้วยกรดแอมิโนที่จำเป็น และสำคัญหลายชนิด เมื่อเปรียบเทียบกับกากเมล็ดยางพาราพบว่ามีค่าสูงกว่า แต่ต่ำกว่ากากเนื้อในเมล็ดยางพารา กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน และถั่วเหลืองไขมันเต็ม ตามลำดับ (Table 2.6)

Table 2.5 Chemical compositions of rubber seed kernel, rubber seed meal, defatted soybean meal and full fat soybean

ส่วนประกอบ (%)	เนื้อในเมล็ดยางพารา[1]	กากเมล็ดยางพารา[2]	กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน[3]	ถั่วเหลืองไขมันเต็ม[3]
ความชื้น	3.45	6.11	10.00	10.00
โปรตีนรวม	17.16	11.80	44.00	36.70
ไขมันรวม	42.60	6.90	1.00	18.80
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	19.20	29.79	24.20	-
เยื่อใยรวม	16.70	43.30	7.00	5.20
เถ้า	3.45	2.91	6.00	-
แคลเซียม	0.11	0.29	0.25	0.26
ฟอสฟอรัส	0.40	0.23	0.20	-
พลังงานรวม (kcal/kg)	6,300[4]	-	-	-
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	5,140[5]	-	2,825	3,625
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)[6]	-	84.66	59.38	69.14

ที่มา: [1]กำชัย (2544); [2] ศิริชัย และคณะ (2525); [3] NRC (1988); [4] เปลื้อง (2552); [5] ภิราภรณ์ (2552); [6] Harris et al. (1982)

Table 2.6 Amino acid contents of rubber seed kernel, rubber seed meal, defatted soybean meal and full fat soybean

กรดแอมิโน (%)	เนื้อในเมล็ดยางพารา[1]	กากเมล็ดยางพารา[2]	กากเนื้อในเมล็ดยางพารา[2]	กากถั่วเหลืองสกัดน้ำมัน[2]	ถั่วเหลืองไขมันเต็ม[3]
ไลซีน	0.43	0.32	0.65	2.73	2.25
เมทไธโอนีน	0.32	0.06	0.22	0.59	0.46
เมทไธโอนีน+ซีสทีน	0.64	0.22	-	1.26	1.01
ทริปโตเฟน	-	-	0.33	0.59	0.54
ธรีโอนีน	0.49	0.42	0.62	1.72	1.42
ไอโซลูซีน	0.46	0.44	0.68	2.17	1.60
อาร์จีนีน	1.56	1.53	1.85	3.18	2.54
ลูซีน	0.97	0.91	1.39	3.39	2.64
เฟนิลอะลานีน+ไทโรซีน	-	0.86	0.76	3.82	3.06
ฮิสติดีน	-	0.47	0.51	1.11	0.87
วาลีน	1.02	0.84	1.36	2.24	1.62
ไกลซีน	0.66	0.77	-	1.83	-

ที่มา: [1] บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะเซลส์ (ประเทศไทย) จำกัด อ้างโดย กำชัย (2543); [2] อุทัย (2529); [3] NRC (1988)

ส่วนกากเนื้อในเมล็ดยางพารามีโปรตีนสูงถึง 26-27 เปอร์เซ็นต์ และมีเยื่อใยต่ำ 10-14% (เทอดชัย และคณะ, 2520; อุทัย, 2529 และ ศิริศักดิ์, 2531) ซึ่งคุณภาพโปรตีนของกากเนื้อในเมล็ดยางพารามีคุณภาพใกล้เคียงกับกากเมล็ดพืชชนิดอื่นๆ ยกเว้น กากถั่วเหลือง (Fetuga et al., 1978) โดยมีปริมาณกรดแอมิโนไลซีน อาร์จินีน และทริปโตเฟนอยู่สูง แต่มีกรดแอมิโนเมทไธโอนีนค่อนข้างต่ำ (เทอดชัย และคณะ, 2520; Tinnimit, 1985)

ชนิดและปริมาณไขมันในเนื้อในเมล็ดยางพารา

ส่วนที่เป็นเนื้อในเมล็ดยางพารามีน้ำมันในปริมาณที่สูงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ (Georgi et al., 1932) ซึ่ง Babatunde and Pond (1987b) รายงานว่า น้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดยางพารามีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว 13.9 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันไม่อิ่มตัว 80.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอุดมไปด้วยกรดไขมัน linoleic และ linolenic acid อยู่ในปริมาณที่สูง เมล็ดยางพาราทั้งเมล็ดเมื่อนำมาหีบน้ำมันด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว (screw press) ได้น้ำมันประมาณ 16.5-19.0 เปอร์เซ็นต์ และให้กากเมล็ดยางพาราทั้งเมล็ด (rubber seed cake, RSC) ประมาณ 74 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อนำไปกระเทาะเปลือกออก ส่วนของเนื้อในเมื่อนำไปหีบจะให้น้ำมันประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลพลอยได้กากเนื้อในเมล็ดยางพารา (rubber seed kernel meal, RSKM) ประมาณ 50-60 เปอร์เซ็นต์ (Nadarajah et al., 1973)

ขณะที่ Nwokolo (1987) กล่าวว่า เนื้อในเมล็ดยางพาราที่ผ่านการทำให้แห้งแล้ว มีไขมันประกอบอยู่ในปริมาณสูงประมาณ 47.3–49.5 เปอร์เซ็นต์ ในไขมันทั้งหมดประกอบไปด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัวประมาณ 79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในจำนวนนี้มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิด polyunsaturated fatty acid 52 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนระหว่างกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่อกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ประมาณ 2.52 ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันดอกทานตะวัน (Table 2.7)

Table 2.7 Fatty acid contents of rubber seed kernel oil and soybean oil

Fatty acid (%)	Chemical structure[1]	Rubber seed kernel oil[2]	Soybean oil[3]
Saturated fatty acid			
Myristic (14:0)	$CH_3(CH_2)_{12}COOH$	0.08	0.10
Palmitic (16:0)	$CH_3(CH_2)_{14}COOH$	9.27	10.30
Stearic (18:0)	$CH_3(CH_2)_{16}COOH$	10.58	3.80
Arachidic (20:0)	$CH_3(CH_2)_{18}COOH$	0.57	-
Behenic (22:0)	$CH_3(CH_2)_{20}COOH$	0.15	-
Lignoceric (24:0)	$CH_3(CH_2)_{22}COOH$	0.12	-
Unsaturated fatty acid			
Palmitoleic (16:1)	$CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$	0.14	0.20
Oleic (18:1)	$CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$	26.64	22.80
Linoleic (18:2)	$CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_2COOH(CH_2)_6COOH$	34.92	51.00
Llinolenic (18:3)	$CH_3CH_2CH=CHCH_2CH=CHCH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$	17.27	6.80

ที่มา: [1] บุญล้อม (2542); [2] Nwokolo (1987); [3] อุทัย (2529)

สารพิษในเมล็ดยางพารา

Stotic and Kaykay (1981) กล่าวว่า เมล็ดยางพารามีกรดไฮโดรไซยานิก (hydrocyanic acid: HCN) เช่นเดียวกับอาหารสัตว์หลายชนิด เช่น มันสำปะหลัง ใบมันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง และกากลินซีด เป็นต้น โดยพบว่า เนื้อในเมล็ดยางพาราสดมีกรดไฮโดรไซยานิกปริมาณ 305.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กำชัย, 2540) กาก-

เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเมล็ดยางพาราทั้งเปลือกมีกรดไฮโดรไซยานิก 0.00177 และ 0.002 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุรัตน, 2528)

กรดไฮโดรไซยานิกที่พบในเมล็ดยางพาราเกิดจากสารประกอบกลุ่มไซยาโนเจเนติกไกลโคไซด์ (cyanogenetic glycoside) ชนิดลินามาริน (linamarin) (Brinker and Seigler, 1989) (Figure 2.4) ไซยาโนเจเนติกไกลโคไซด์จากต้นพืชที่อยู่ตามปกติจะไม่เกิดพิษ เนื่องจากไม่ถูกไฮโดรไลส์ (hydrolyse) ไปเป็นกรดไฮโดรไซยานิก (HCN) เพราะไซยาโนเจเนติกไกลโคไซด์ และเอนไซม์อยู่คนละส่วนกับของต้นพืช แต่ถ้าเซลล์ของพืชถูกทำลายลง ไซยาโนเจเนติกไกลโคไซด์ที่สะสมอยู่ในต้นพืชจะถูกไฮโดรไลส์โดยเอนไซม์ลินามาเรส (linamarase) จะสลายไซยาโนเจเนติกไกลโคไซด์ทำให้ได้น้ำตาลกลูโคส (glucose) อะซิโตน (acetone) และกรดไฮโดรไซยานิก (Brinker and Seigler, 1989)

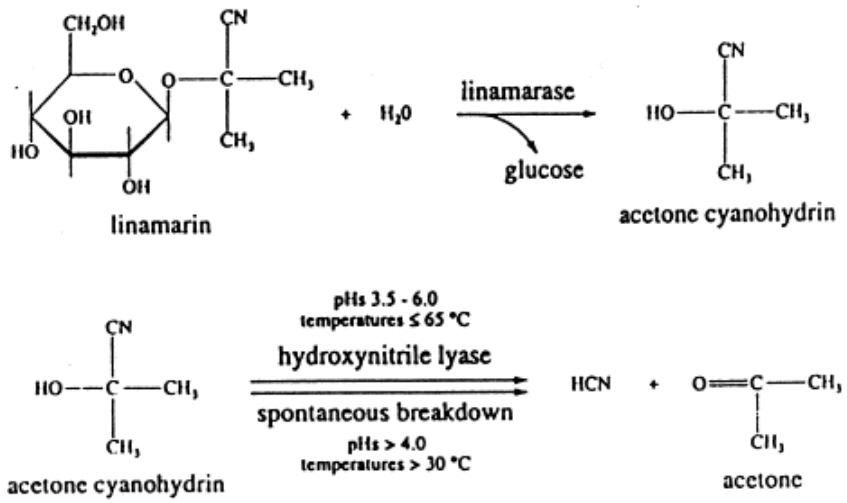

Figure 2.4 Structure of linamarin (C_{10} H_{17} NO_6) and cyanogenesis process breakdown HCN
ที่มา: Brinker and Seigler (1989)

กรดไฮโดรไซยานิกเป็นสารพิษที่มีผลต่อระบบหายใจระดับเซลล์ โดยกรดไฮโดรไซยานิกในรูปไซยาไนด์ไอออนจะรวมตัวกับธาตุเหล็กที่อยู่ในรูปของเฟอริค หรือไตรวาเล้นท์ โดยการทำงานของเอนไซม์ไซโตโครมออกซีเดส (cytochrom oxidase) ได้สารประกอบไซยาไนด์ไซโตโครมออกซิเดส (cyanide-cytochrome oxidase complex) ซึ่งสารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จะไปรบกวนกระบวนการขนส่งของอีเล็คตรอน (electron transport system, ETS) ของการหายใจระดับเซลล์ ซึ่งมีผลทำให้การหายใจของเซลล์ถูกขัดขวาง การเกิดไซยาไนด์ไซโตโครมออกซีเดส ทำให้ฮีโมโกลบินไม่สามารถส่งออกซิเจนให้กับกระบวนการขนส่งอีเล็กตรอน (ETS) ได้ เลือดจะกลายเป็นสีแดงสด (oxygenated blood) ซึ่งเซลล์ต่างๆ เอาไปใช้ไม่ได้ มีผลทำให้การหายใจของเซลล์ถูกขัดขวาง ทำให้เกิดสภาวะที่เซลล์ขาดออกซิเจน ที่เรียกว่า เซลลูลาร์ไฮพ็อคเซีย (cellular hypoxia) ซึ่งทำให้เซลล์ขาดออกซิเจน และพลังงาน โดยเฉพาะเซลล์ในระบบประสาททำให้คนและสัตว์ตายในที่สุด (มาลินี, 2523)

การใช้เมล็ดยางพาราและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์

เมล็ดยางพารา ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากสวนยางพารา สามารถที่นำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ โดยทั่วไปแบ่งออกได้ 3 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิต คือ

1. กากเมล็ดยางพารา (rubber seed meal, RSM) คือ เมล็ดยางพาราที่สกัดน้ำมันทั้งเมล็ดซึ่งมีเปลือกรวมอยู่ด้วย

2. กากเนื้อในเมล็ดยางพารา (rubber seed kernel meal, RSKM) คือ กากเมล็ดยางพาราที่ทำการกะเทาะเปลือกออกก่อนที่จะนำไปสกัดน้ำมัน

3. เมล็ดยางพาราที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออก ก่อนนำไปบดให้ละเอียดเพื่อนำมาเลี้ยงสัตว์ เรียกว่า เนื้อใน-เมล็ดยางพารา (rubber seed kernel, RSK)

การศึกษาการนำเมล็ดยางพาราและผลพลอยได้มาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น ศิริชัย และคณะ (2525) ศึกษาการใช้กากเมล็ดยางพาราชนิดมีเปลือกที่ผ่านการสกัดน้ำมันในไก่กระทง โดยใช้กากเมล็ดยางพาราชนิดมีเปลือก 5 ระดับ คือ 0, 5, 10, 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร พบว่า ไก่กระทงที่ได้รับอาหารผสมกากเมล็ดยางพาราที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ และประสิทธิภาพการใช้อาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการใช้กากเมล็ดยางพาราในระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารส่งผลให้ไก่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยลง สอดคล้องกับการทดลองของ สุรัตน (2528) ทดลองใช้กากเมล็ดยางพาราในอาหาร 6 ระดับ (0, 20, 25, 30, 35 และ 40 เปอร์เซ็นต์) พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของไก่กระทงเพิ่มขึ้นตามระดับของการเพิ่มกากเมล็ดยางพาราจนถึงระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่หากเพิ่มระดับกากเมล็ดยางพาราสูงมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารด้อยลง ($P<0.05$) และถ้าใช้กากเมล็ดยางพาราทดแทนสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไก่กระทงมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ($P<0.05$) และเมื่อทำการศึกษาซาก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และไม่พบสารพิษกรดไฮโดรไซยานิกสะสมในเนื้อเยื่อ (ศิริชัย และคณะ, 2525)

Duong (1988) ทดลองเสริมกากเมล็ดยางพาราชนิดมีเปลือกในอาหารไก่พื้นเมืองพันธุ์ Luong Phuong โดยใช้ไก่พื้นเมืองที่มีอายุ 50 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกใช้ระยะเวลา 28 วัน ใช้กากเมล็ดยางพารา 5 ระดับ คือ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงที่ 2 ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงตั้งแต่ 28–128 วัน โดยทำการแยกไก่กลุ่มที่ได้รับกากเมล็ดยางพาราที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และอัตราการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น ตามระดับของการเสริมกากเมล็ดยางพาราจนถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าหากเพิ่มระดับกากเมล็ดยางพาราสูงขึ้น 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ไก่มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง อัตราการเปลี่ยนอาหารให้เป็นน้ำหนักตัวด้อยลง และอัตราการตายเพิ่มขึ้น

สุรัตน (2528) ศึกษาคุณภาพของโปรตีน และประสิทธิภาพการใช้โปรตีนของกากเมล็ดยางพาราชนิดมีเปลือกเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองในนกกระทา (กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารกากถั่วเหลือง และกลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารผสมกากเมล็ดยางพารา 40 เปอร์เซ็นต์) พบว่า นกกระทาที่ได้รับกากถั่วเหลืองมีอัตราการเจริญเติบโตตลอดการทดลองดีกว่า นกกระทาที่ได้รับกากเมล็ดยางพาราอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

เทอดชัย และคณะ (2521) ศึกษาการใช้กากเมล็ดยางพาราในอาหารสุกรช่วงน้ำหนัก 35–100 กิโลกรัม โดยใช้อาหารที่มีกากเมล็ดยางพารา 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 25 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถใช้กากเมล็ดยางพาราได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยสุกรมีปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และอาหารที่มีกากเมล็ดยางพาราที่ 25 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับยุทธนา (2525) ซึ่งทดลองใช้กากเมล็ดยางพาราในสุกร ในระยะเจริญเติบโตช่วง น้ำหนัก 15–90 กิโลกรัม โดยใช้กากเมล็ดยางพารา 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเสริมการเมล็ดยางพาราที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ สุกรมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมอย่างมี

นัยสำคัญ (P<0.05) และสุกรที่ได้รับกากเมล็ดยางพาราที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มควบคุม (P>0.05) และในซากของสุกรไม่พบความผิดปรกติเนื่องจากกรดไฮโดรไซยานิก นอกจากนี้สุกรที่ได้รับกากเมล็ดยางพารามีกลิ่น รสชาติของเนื้อแดงและไขมันปกติ และมีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับกาก-เมล็ดยางพารามีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่ากลุ่มควบคุม ขณะที่ ผดุงศักดิ์ (2527) ทดลองใช้กากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารของแม่สุกรในระยะอุ้มท้อง และเลี้ยงลูก โดยศึกษาระยะตั้งแต่ท้องที่ 1 ถึงท้องที่ 4 โดยใช้อาหารที่มีกากเมล็ดยางพารา 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม (กากเมล็ดยางพารา 0 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการผสมติดต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพารา แต่อัตราการคลอดลูกและน้ำหนักลูกสุกรหลังหย่านมในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนผลของระดับกาก-เมล็ดยางพาราในอาหารที่มีต่อแม่สุกรนั้น พบว่า แม่สุกรแต่ละกลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นระหว่างตั้งท้องจนถึงคลอด และจำนวนวันที่ผสมพันธุ์ได้หลังหย่านม ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

Ravindran et al. (19๓/) ทดลองใช้กากเนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารที่มีผลต่อคุณภาพน้ำเชื้อในไก่เพศผู้ที่มีอายุ 8 เดือน โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 3 สัปดาห์ โดยอาหารมีกากเนื้อในเมล็ดยางพารา 4 ระดับ คือ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไก่ที่ได้รับอาหารที่ใช้ กากเนื้อในเมล็ดยางพารา 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำเชื้อ และจำนวนสเปิร์มมากที่สุด และเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำเชื้อ และจำนวนของสเปิร์มลดลง และไก่ที่ได้รับอาหารสูตรที่มีกากเนื้อในเมล็ดยางพารา 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณน้ำเชื้อ และจำนวนเปิร์มน้อยที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

Stotic and Kaykay (1981) ทดลองใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารสุกร ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงสุกรน้ำหนัก 19 กิโลกรัม นาน 40 วัน พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าสุกรกลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และสัตว์ไม่แสดงอาการเป็นพิษของกรดไฮโดรไซยานิก

กำชัย (2544) ทดลองเสริมเนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนโปรตีนถั่วเหลืองไขมันสูง ในสุกร ระดับ 40, 80, 40 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน และ 80 เปอร์เซ็นต์ เสริมกรดแอมิโนไลซีน พบว่า ช่วงน้ำหนัก 15–35 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กิน อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและระยะเวลาในการเลี้ยงของสุกรทุกกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนถั่วเหลืองไขมันสูงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ไม่เสริมกรดแอมิโนไลซีน และที่ 80 เปอร์เซ็นต์ เสริมกรดแอ-มิโนไลซีน มีการเจริญเติบโต และระยะเวลาการเลี้ยงดีกว่าสุกรที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนถั่วเหลืองไขมันสูงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน และระดับที่ 80 เปอร์เซ็นต์ไม่เสริมกรดแอมิโนไลซีน และช่วงน้ำหนัก 35–60 กิโลกรัม ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองไขมันสูง 5 ระดับ คือ 0, 20, 40 เปอร์เซ็นต์ 20 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน และ 40 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน พบว่า อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กินของสุกรทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่มีแนวโน้มว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารควบคุม และสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองไขมันสูงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ไม่เสริมกรดแอมิโนไลซีน และที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอ-มิโนไลซีน มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองไขมันสูงที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน และที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ไม่เสริมกรดแอมิโนไล-ซีน นอกจากนั้น จุฑารัตน์ (2551) ทดลองใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสุกรช่วงน้ำหนัก 25 – 95 กิโลกรัม โดยใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนกากถั่วเหลืองในระดับ 0, 10, 20 เปอร์เซ็นต์ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน พบว่า การเสริมเนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารไม่มีผลต่อ

สมรรถภาพการผลิต (P>0.05) แต่มีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์เสริมกรดแอมิโนไลซีน มีจำนวนวันที่เลี้ยงลดลง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันดีที่สุด

สุทธิศักดิ์ (2535) ศึกษาการใช้กากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารเสริมโคนม (ลูกผสมที่มีระดับสายเลือดพันธุ์เรดเดน 75-87.50 เปอร์เซ็นต์) โดยได้รับอาหารข้น 4 สูตร คือ สูตรอาหารข้นที่มีระดับกากเมล็ดยางพารา 0, 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาการทดลอง 3 เดือน พบว่าปริมาณน้ำนม คุณภาพน้ำนม และปริมาณอาหารที่กินได้ของโคนมที่ได้รับสูตรอาหารข้นทั้ง 4 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณน้ำนมเฉลี่ย เท่ากับ 9.37, 9.75, 9.66 และ 9.11 กิโลกรัม./ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ย เท่ากับ 12.67, 13.16, 13.22 และ 12.74 กิโลกรัม./ตัว/วัน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากผลการทดลองการใช้กากเมล็ดยางพาราระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้นอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของโคนมได้ ซึ่งพิจารณาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และผลผลิตน้ำนม พบว่า มีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้กากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารข้นระดับ 35 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงเสนอแนะควรไม่ใช้เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้น ส่วนต้นทุนค่าอาหารข้นลดลงเล็กน้อยตามระดับกากเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

ผลผลิตและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

แหล่งผลิตปาล์มน้ำมันของโลกและประเทศไทย

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)

ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชที่มีถิ่นเดิมอยู่ในแถบอัฟริกาตะวันตก ซึ่งได้มีการนำมาปลูกครั้งแรกในมาเลเซียในปี 1870 เพื่อใช้เป็นไม้ประดับ และเริ่มปลูกเป็นพืชทางการเกษตรเพื่อการค้าในปี 1917 ที่ Tennamaran Estate รัฐสลังงอร์ 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) รองจากประเทศอินโดนีเซีย โดยผลิตได้คิดเป็นร้อยละ 44.43 (17,180,000 ตัน) ของการผลิตของโลก จึงทำให้อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย

ส่วนประเทศไทยผลิตได้มากเป็นอันดับสามของโลก โดยในปี 2007 ผลิตได้ 950,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 2.46 ของการผลิตโลก เพิ่มขึ้นจากปี 2006 ซึ่งมีปริมาณการผลิต 850,000 ตัน ร้อยละ 11.76 จากข้อมูลพบว่า ปริมาณการผลิตของไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

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 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)

ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จินดา (2548) กล่าวว่า ในกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจะได้ผลผลิต 2 ประเภท คือ

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

จากข้อมูลการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์ม พบว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสดงดัง Table 2.8 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของปราณี (2540) ซึ่งพบว่าในน้ำมันปาล์มประกอบด้วย กรดพาล์มิติก (plamitic acid) 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, C12:0) กับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพวกกรดพาล์มิโตลีอิก (palmitoleic acid, C16:1) และไลโนลีอิก อีกในปริมาณเล็กน้อยรวมกันประมาณ ร้อยละ 10 ของกรดไขมันทั้งหมด

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

Table 2.8 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)

2.3 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 และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

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

กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน ส่วนกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์ม ซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน ซึ่งคุณค่าทางโภชนะของกากผลปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน พบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีโปรตีนสูงกว่า แต่มีเยื่อใยต่ำกว่ากากปาล์มน้ำมัน ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ทั่วไปมากกว่ากากปาล์มน้ำมัน ส่วนกากปาล์มน้ำมันเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมากกว่าสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง เพราะสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยได้ดีกว่าสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล และวิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์ แสดงดัง Table 2.9 พบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล และวิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์จะมีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน โดยพบว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมัน โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า และมีไขมันต่ำกว่าการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่จะมีผลต่อคุณภาพของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในการเก็บรักษา ความน่ากิน และการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ Hair-Bejo et al. (1995) กล่าวว่าในกรณีที่ปริมาณน้ำมันตกค้างมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ทำให้มีรสชาติไม่น่ากิน สัตว์จะปฏิเสธการกิน และระดับของทองแดงที่สูงสามารถก่อให้เกิดพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กโดยเฉพาะแกะ

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันพบว่า มีความสมดุลของแคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกว่าผลพลอยได้จากเมล็ดพืชน้ำมันอื่นๆ มีโปรตีนรวมอยู่ต่ำ และมีกรดอะมิโนเมทไธโอนีน (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

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

Table 2.9 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

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โค และกระบือที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันเป็นอาหารเสริม หรืออาหารหลักช่วยเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต (Hutagalung, 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) รายงานว่ากากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีโปรตีนสูงกว่าข้าวโพด คือประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดมี 9.7 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเยื่อใยค่อนข้างสูงมากคือ มีปริมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวโพดมีเพียง 2 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุดิบสองชนิดนี้มีปริมาณกรดอะมิโนที่ใกล้เคียงกัน แต่กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีกรดอะมิโนบางชนิดในปริมาณที่สูงกว่า ได้แก่ อาร์จินีน (arginine, Arg) ไลซีน (lysine, Lys) เมทไทโอนีน (Met) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.40, 0.34 และ 0.84 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนข้าวโพดมีกรดอะมิโนเหล่านี้ในปริมาณ 0.51, 0.10 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Yeong (1982) รายงานว่า กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมีคุณภาพโปรตีนปานกลาง มีอาร์จินีน (Arg) สูง แต่มีเมทไธโอนีน (Met) ทริปโทเฟน (tryptophan, Trp) และไล-ซีนต่ำ (Lys)

บทบาทของปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้เป็นอาหารสัตว์

การใช้กากเนื้อเมล็ดในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารสัตว์ปีก

การศึกษาการนำกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์นั้น Nwokolo et al. (1977) รายงานว่าสามารถใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไก่เนื้อได้สูงถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ขณะที่ Yeong et al. (1983) ใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันทดแทนข้าวโพด และกากถั่วเหลือง 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารไก่เนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันจะมีน้ำหนักตัวเพิ่มลดลง และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเลวลงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ แต่ปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน และแนะนำให้ใช้ได้สูงสุดในอาหารอาหารไก่เนื้อไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์

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 และแนะนำให้ใช้ได้สูงสุดในอาหารอาหารไก่เนื้อ

ไม่เกิน 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 จำเป็นต้องเสริมไขมันลงในสูตรอาหารให้สูงขึ้นตามระดับของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพื่อปรับระดับพลังงานในอาหารให้เหมาะสมเพื่อไม่ให้มีผลต่อสมรรถนะการผลิตและปริมาณอาหารที่กิน

วินัย และคณะ (2526) ได้ทำการทดลองใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเนื้อโดยใช้ระดับโปรตีนในสูตรอาหารเป็นตัวกำหนดในการประกอบสูตร 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 และแกะ ซึ่งมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ 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 พันธุ์สัตว์และเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้มีปริมาณไขมันต่ำทำให้ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้ 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 โดยโคได้รับฟางเป็นอาหารหยาบอย่างเต็มที่ 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) การใช้อาหารที่มีกากเนื้ในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในระยะต้น และ 20 เปอร์เซ็นต์ระยะปลาย (T_3) และการใช้อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 40 เปอร์เซ็นต์ในการขุนโค ในระยะต้นและระยะปลาย (T_4) โดยโคได้รับหญ้าพิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารพื้นฐาน 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 ดังนั้น การขุนโคสามารถใช้อาหารที่มีกากปาล์มน้ำมันได้ถึง 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. (1988) 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) ที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นองค์ประกอบ 89 เปอร์เซ็นต์ มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 37.4 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่โคพันธุ์เดียวกันที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เล่ย์เป็นส่วนประกอบ (โปรตีน 12.8 เปอร์เซ็นต์) และโคที่กินหญ้าอย่างเดียว (โปรตีน 6.8 เปอร์เซ็นต์) มีความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน 17.0 และ 15.07 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

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 และคณะ (2543) ศึกษาการใช้เศษเหลือจากรวงข้าวเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ หมักยูเรียเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน พบว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์หมักด้วยยูเรียมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน สูงสุด (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 เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตรา

การเจริญเติบโตเท่ากับ 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

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 และวัฒนธรรม 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเชื่อทางศาสนา ส่วนใหญ่จะเป็นชาวมุสลิมนิยมเลี้ยงกันไว้ประจำบ้าน ใต้ถุนเรือน หรือเลี้ยงไว้ไม่แสดงความเป็นเจ้าของ โดยปล่อยให้แพะหากินเองในหมู่บ้าน ตามถนนหนทาง ด้วยความศัทธา และความเชื่อมั่นในศาสนาว่า แพะเป็นสัตว์ที่เรียกว่า ***"บรีกัด"*** (*แปลว่า สิ่งที่เป็นสิริมงคล*) จึงเป็นสัตว์ชนิดเดียวที่ไม่เกิดกรณีขโมยแพะ เพราะถือว่าเป็นบาปอย่างร้ายแรง (วีรสิฐ, 2541)

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

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

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 โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย 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

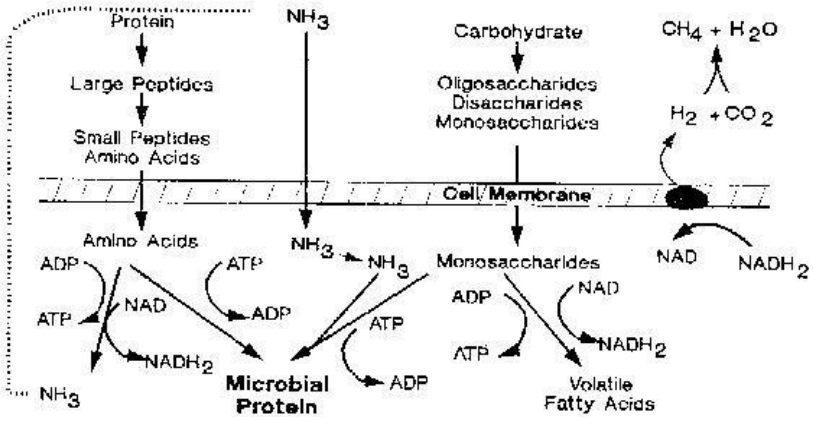

Figure 2.5 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria
ที่มา: Nocek and Russell (1988)

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในรูปของโพลิแซ็กคาร์ไรด์ จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่าง ๆ จากนั้นกลูโคส หรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิค (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยได้ ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยได้ (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

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

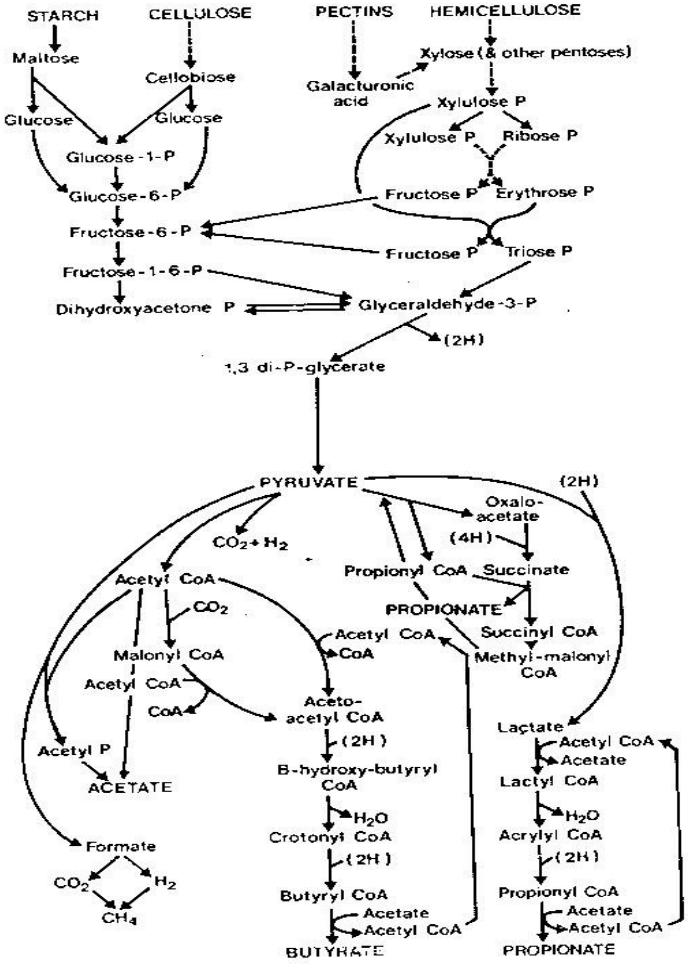

Figure 2.6 Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen
ที่มา: Preston and Leng (1987)

นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัว โดยมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย (dietary fiber) ซึ่งสัตว์ทั่วไปโดยเฉพาะสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ซึ่งได้แก่แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยทั่วไปแล้วกระบวนการใช้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะต้องอาศัยปัจจัยที่สำคัญหลาย

อย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อการผลิตเอนไซม์ เพื่อทำการย่อยสลายสารอาหารประเภทพลังงาน ทั้งที่เป็นคาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้าง (structurtal carbohydrate, SC) และคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non–structural carbohydrate, NSC) (เมธา, 2533) เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายที่สำคัญและมีประโยชน์ต่อตัวสัตว์ คือ กรดไขมันระเหยได้ง่าย (volatile fattyacid, VFA) ซึ่งกรดไขมันระเหยได้ง่ายเหล่านี้จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิต และการให้ผลผลิตเนื้อและนมต่อไป (ฉลอง, 2541)

นอกจากนี้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนยังสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนแท้ (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

การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมนสังเคราะห์จากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนหรือพวกที่อยู่ในรูปอิสระ อย่างไรก็ตามพบว่าแอมโมเนียที่หมุนเวียนอยู่ภายใน กระเพาะรูเมนเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักในการสังเคราะห์โปรตีนเช่นกัน (Aharoni et al., 1991) Al-Rabbat et al. (1971) รายงานว่า 61 เปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์โปรตีนมาจากแอมโมเนีย และ 39 เปอร์เซ็นต์ มาจากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ 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

จากการรวบรวมเอกสารวิจัยเกี่ยวกับการนำใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันยังมีจำกัดโดยเฉพาะในประเทศไทย โดยเฉพาะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น แพะ และแกะ ดังนั้น งานวิจัยในครั้งนี้ จึงศึกษาผลการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน โดยมีสมมุติฐานการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันอาจมีผลต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการหมัก และสมดุลไนโตรเจนเปลี่ยนแปลงไป เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากเนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารข้น และ/ หรืออาหารผสมครบส่วน หรืออาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) สำหรับเลี้ยงแพะต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

สัตว์ทดลอง และการจัดการ

สัตว์ทดลอง ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 6 ตัว แพะเหล่านี้มีอายุเฉลี่ยประมาณ 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 22±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

ในการทดลองครั้งนี้ ทำการจัดทรีทเมนต์แบบ 3x2 แฟกตอเรียนให้กับหน่วยทดลองในแผนการทดลองแบบ 6x6 จตุรัสละติน (3x2 factorial arrangement in a 6x6 Latin square design) โดยใช้ช่วงเวลาการทดลอง (period) เป็นแถว (row) และสัตว์ทดลองคือ แพะลูกผสมเป็นคอลัมน์ (column) ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ระดับของเนื้อในเมล็ดยางพารา (0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์) และระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (20 และ 30 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีทรีทเมนต์ (treatment) ที่ต้องศึกษามี 6 ทรีทเมนต์ ดังนี้

สูตรทดลองที่ 1 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (0%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20%

สูตรทดลองที่ 2 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (0%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30%

สูตรทดลองที่ 3 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (20%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20%

สูตรทดลองที่ 4 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (20%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30%

สูตรทดลองที่ 5 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (30%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20%

สูตรทดลองที่ 6 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (30%) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30%

โดยสุ่มให้แพะแต่ละตัวได้รับอาหารตามที่กำหนดในการทดลอง ได้แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 5 ช่วงการทดลอง (periods) แต่ละช่วงใช้เวลา 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล 7 วัน (Close and Menke, 1986) รวมระยะเวลาทั้งหมด 126 วัน แพะทดลองทุกตัวได้รับปัจจัยในการทดลองจนครบทุกกลุ่มอาหารทดลอง

อาหาร และการเตรียมอาหารทดลอง

1. อาหารหยาบ

ใช้หญ้าซิกแนล (signal, *Briachiaria humidicola* Schweick) แห้งของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นราธิวาสเป็นอาหารหยาบหลัก โดยให้สัตว์ได้กินอาหารหยาบอย่างเต็มที่ (*ad litibum*)

2. อาหารข้น

อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหาร 6 สูตร โดยใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองและข้าวโพดในสูตรอาหาร (ตารางที่ 3.1) อาหารข้นทั้ง 6 สูตรมีระดับโภชนะต่างๆ ตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) แพะทุกตัวถูกขังในคอกขังเดี่ยว ได้รับอาหารข้น 2% ของน้ำหนักตัว (%DM basis) แบ่งให้กิน 2 ครั้ง เวลา 8.00 และ 16.00 น. สัตว์จะได้รับการปรับกับอาหารทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนที่สุ่มเก็บตัวอย่าง

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

Composition	Dietary treatments [1]					
Rubber seed kernel, RSK (%)	0		20		30	
Palm kernel cake, PKC (%)	20	30	20	30	20	30
Ground corn, GC	59.71	53.19	48.86	41.14	41.75	31.75
Soybean meal, SBM (44% CP)	15.13	12.81	3.14	1.00	-	-
Rubber seed kernel, RSK	-	-	20.00	20.00	30.00	30.00
Palm kernel cake, PKC	20.00	30.00	20.00	30.00	20.00	30.00
Molasses	3.16	2.00	5.00	4.86	5.00	5.00
Salt	1.00	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	1.00
Urea	-	-	1.00	1.00	1.25	1.25
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Estimated values (total diet)						
CP (%)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.00
TDN (%)	81.00	80.36	79.79	79.40	79.51	79.30
ME Mcal/kg DM[3]	2.93	2.91	2.88	2.87	2.87	2.87
Cost, bath/kg[4]	8.11	7.65	8.00	7.55	8.05	7.75

[1] T_1 = Level of RSK 0%+PKC 20%, T_2 = Level of RSK 0%+PKC 30%, T_3 = Level of RSK 20%+PKC 20%, T_4 = Level of RSK 20%+PKC 30%, T_5 = Level of RSK 30%+PKC 20%, T_6 = Level of RSK 30%+PKC 30%.

[2] Minerals and vitamins mix (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): rubber seed cake 19, palm cake kernel 6.80, molasses 10.00, salt 6.77, mineral and vitamin mix 80, soybean meal 17.00, ground corn 9.60, urea 14 baht/kg.

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

1. ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงที่ฝึกให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ใช้ระยะเวลา 14 วัน ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial arrangement in a 6x6 Latin square design โดยแพะแต่ละตัวอยู่ในคอกเดี่ยว มีรางอาหาร และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้าให้ดื่มน้ำได้ตลอดเวลา ให้แพะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 2% ของน้ำหนักตัว (DM basis) ประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ (*ad libitum*) ทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake) โดยชั่งอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของวันถัดไป

2. ระยะทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 7 วัน โดยในระยะนี้สัตว์อยู่บนกรงเมทธาโบลิซึม (metabolism crate) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรก และในช่วง 5 วันหลัง ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูลและปัสสาวะติดต่อกันในช่วง 5 วันของแต่ละช่วงการทดลอง

ตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder and Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนและเลือด ในช่วงวันที่ 21 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง ในการให้อาหารให้ตามกลุ่มทดลองเหมือนช่วงปรับสัตว์ แต่ให้เพียง 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 55-60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 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 48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บไว้ประมาณ 5% ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง หรืออบจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนัก และเก็บใส่ถุงไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 5 วัน นำมูลทั้งหมดมาคลุกให้เข้ากัน ทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 5% นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาค่าการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975)

4. การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

ทำการเก็บในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมทธาโบลิซึม โดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 10 ลิตร ซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลา ในถังเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) ในสัดส่วน 1 M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1:10 (หรือประมาณ 80 มิลลิลิตร) เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด โดยปรับให้ pH ของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ ทำ

การวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวัน 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

5. การวัด และการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน (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) และหลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 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

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าซิกแนลแห้ง อาหารข้น และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ 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 ตามวิธีการของ Balcells et al. (1992)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial arrangement in a 6x6 Latin square design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1990) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ดังสมการต่อไปนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + C_j + \alpha_k + \beta_l + \alpha\beta_{kl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Y_{ijkl} = ค่าสังเกตจากแถวที่ i คอลัมน์ที่ j ทรีทเมนต์ที่ k

R_i = อิทธิพลเนื่องจากแถวที่ i เมื่อ i = 1, 2, 3 และ 4

C_j = อิทธิพลเนื่องจากคอลัมน์ที่ j เมื่อ j = 1, 2, 3 และ 4

α_k = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย A ที่ระดับ k เมื่อ k = 1 และ 2

β_l = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย B ที่ระดับ j เมื่อ j = 1 และ 2

$\alpha\beta_{kl}$ = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัย A และ B ที่ระดับ kl

ε_{ijkl} = 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-เดือนกันยายน 2552

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง (Chemical composition of the experimental diets)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง ที่ประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ (Table 4.1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม อินทรียวัตถุ (OM) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 16.15-16.60% (2.58-2.65% N) ขณะที่ ไขมัน (EE) อยู่ในช่วง 5.93-17.98% เยื่อใย (CF) อยู่ในช่วง 11.66-15.53% ผนังเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 35.24-41.74% เซลยูโลลิกนิน (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 14.08-20.03 และ 4.58-6.42% ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แสดงดัง Table 4.1 เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนฟรีแอกซ์แทรก (NFE) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NSC) พบว่ามีค่าลดลง ขณะที่ไขมันตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งความแตกต่างของ EE, NSC และองค์ประกอบสารเยื่อใย อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบสารเยื่อใยค่อนข้างสูงมากกว่า 40% มีค่าสูงกว่ารายงานของ นิวัต (2531); กรมปศุสัตว์ (2544); McDonald et al. (1988) จึงไม่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย, 2529; McDonald et al., 1988)

ขณะที่เนื้อในเมล็ดยางพารามีค่าเยื่อใยต่ำกว่ารายงานของ กำชัย (2544); เปลื้อง (2552); ภิราภรณ์ (2552) ที่รายงานว่าเนื้อในเมล็ดยางพารามีเยื่อใย 8-17 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกัน ประมาณ 42.6-44.37 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ส่วนประกอบทางโภชนะของเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น

Table 4.1 Chemical composition of the experimental diets, signal hay (SH), rubber seed kernel (RSK), palm kernel cake (PKC) and soybean meal (SBM)

Chemical composition on DM basis, %	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30		SH	RSK	PKC
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30			
DM [2]	90.33	90.78	91.08	90.71	91.25	91.35	94.30	94.30	92.88
Ash	4.63	4.83	4.58	4.75	4.43	4.88	3.28	3.50	4.52
OM	95.37	95.17	95.42	95.25	95.57	95.12	96.72	96.65	95.48
CP	16.57	16.50	16.60	16.60	16.15	16.52	3.01	23.64	18.72
EE	5.93	8.05	14.07	16.78	17.98	16.55	0.80	40.77	8.02
NFE [3]	61.21	55.48	52.95	46.53	48.14	46.52	40.11	27.35	26.13
NSC [4]	36.79	28.88	29.51	21.91	24.31	22.02	11.70	20.21	2.54
CF	11.66[c]	15.14	11.80	15.34	13.30	15.53	52.80	4.74	43.61
NDF	36.08[c]	41.74	35.24	39.96	37.13	40.03	81.21	11.88	67.20
ADF	14.08	15.28	16.08	17.81	17.86	20.03	54.01	6.35	44.63
ADL	4.58	5.25	5.60	6.17	5.29	6.42	12.80	5.20	13.52
Hemicellulose [5/]	29.58	32.20	29.12	31.97	30.48	30.20	27.20	5.53	44.63
Cellulose [6/]	1.92	4.29	0.52	1.82	1.36	3.41	41.21	1.15	13.52
Cost, baht/kg	8.11	7.65	8.00	7.55	8.05	7.75	0.25	12.00	6.80

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[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

เมื่อเปรียบเทียบสูตรอาหารที่ทดแทนด้วยเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในระดับต่างๆ กัน พบว่าราคาอาหารข้นลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (8.11, 7.65, 8.00, 7.55; 8.05 และ 7.75 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) ดังนั้น การนำใช้เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจช่วยลดต้นทุนการผลิตสัตว์ให้ต่ำลง เพราะต้นทุนค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์เป็นค่าอาหารมากกว่า 60-70 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าซิกแนลแห้ง (signal hay, SH) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 4.1) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของ CP, EE และ Ash (3.01, 0.80 และ 3.28% ตามลำดับ) ต่ำกว่ารายงานของวรรณา และคณะ (2547) แต่มี CF, NDF และ ADF (52.80, 81.21 และ 54.01% ตามลำดับ) สูงกว่า และเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง พบว่ามีค่า CP, NDF และ ADF ใกล้เคียงกับรายงานของอนันต์ (2548); จินดาและคณะ (2544) รายงานว่าหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 2.90-2.99% ทั้งนี้คุณค่าทางอาหารของหญ้าซิกแนลแห้งที่แตกต่างกันอาจขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุของพืชที่ตัดมาทำแห้ง ความหนาแน่นของพืช ส่วนของพืช ความถี่ในการเก็บเกี่ยว การชะล้าง ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (นิวัติ, 2543; สายัณห์, 2548) ส่วนกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มีโปรตีนหยาบ เยื่อใย ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนิน ประมาณ 18.72 43.61, 67.20 และ 44.63% ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานกรมปศุสัตว์ (2544)

4.2 ปริมาณการกินได้ของอาหาร (Feed intake)

จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) (วัตถุแห้ง) ของอาหารข้น และอาหารหยาบในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้ง (Table 4.2)

ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารหยาบเฉลี่ย (kg/d) หน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของแพะทุกกลุ่ม (Table 4.2) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ขณะที่ อาหารข้นเฉลี่ย (kg/d) หน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC แต่มีความแตกต่างกัน ($P>0.01$) ของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) โดยระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0-20% มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 30% RSK ตามลำดับ ขณะที่ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (PKC) ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาปริมาณการกินได้ทั้งหมด (kg/d) หน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) และหน่วยกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) ของทุกกลุ่ม (Table 4.2) พบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด ($P<0.05$) และระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ ขณะที่ ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น ทำนองเดียวกับปริมาณการกินของโภชนะ (OMI, CPI และ NDFI) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่มที่

ได้รับระดับเนื้อในเมล็ดยางพารามากกว่า 20% มีปริมาณการกินของโภชนะต่ำกว่ากลุ่มอื่น มากกว่านั้น อาจเป็นเพราะอาหารที่มี RSK เป็นส่วนผสมระดับสูง (≥ 20%) มีกลิ่นหืน และรสชาติไม่น่ากิน และระดับไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ RSK และ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น (Table 4.1) ทำให้การย่อยได้ลดลง (NRC, 2001) ซึ่งปริมาณไขมันที่มากกว่า 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) อย่างไรก็ตาม ระดับไขมันในอาหารต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักยังมีความผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของกรดไขมัน (SFA: UFA) แหล่งอาหารหยาบ และอาจมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน โดยแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) มีความไวต่อความเป็นกรด-ด่าง และมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงเมื่อมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 (Russell and Wilson, 1996)

Table 4.2 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on feed intake (kg/d) in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30			P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
Days on test	21	21	21	21	21	21	-	-	-	-
DMI, kg/d										
Signal hay, kg/d	0.256	0.265	0.335	0.280	0.280	0.264	0.03	0.14	0.29	0.40
%BW	0.81	0.84	1.04	0.89	0.89	0.83	0.07	0.18	0.33	0.52
g/kg $W^{0.75}$	19.22	19.90	24.85	21.11	21.17	19.77	1.80	0.17	0.32	0.48
Concentrate, kg/d	0.460^{ab}	0.497^{a}	0.435^{abc}	0.378^{bc}	0.382^{bc}	0.316^{c}	0.03	0.02	0.57	0.22
%BW	1.47^{a}	1.56^{a}	1.35^{ab}	1.19^{b}	1.20^{b}	1.19^{b}	0.06	0.01	0.65	0.24
g/kg $W^{0.75}$	34.80^{a}	37.16^{a}	32.16^{ab}	28.33^{b}	28.64^{b}	27.97^{b}	1.77	0.01	0.62	0.24
Total DMI, kg/d	0.716^{ab}	0.763^{a}	0.771^{a}	0.659^{b}	0.663^{b}	0.630^{b}	0.03	0.01	0.19	0.05
DMI, %BW	2.28^{ab}	2.41^{a}	2.39^{a}	2.08^{b}	2.10^{b}	2.01^{b}	0.08	0.01	0.21	0.08
DMI, g/kg $W^{0.75}$	54.02^{ab}	57.06^{a}	57.01^{a}	49.45^{b}	49.81^{b}	47.75^{b}	2.16	0.01	0.22	0.07
OMI, kg/d	0.686^{ab}	0.729^{a}	0.739^{a}	0.631^{b}	0.636^{b}	0.603^{b}	0.07	0.05	0.18	0.06
CPI, kg/d	0.084^{ab}	0.087^{a}	0.081^{ab}	0.071^{b}	0.073^{b}	0.072^{b}	0.004	0.01	0.39	0.23
NDFI, kg/d	0.371^{ab}	0.421^{a}	0.420^{a}	0.380^{ab}	0.360^{ab}	0.343^{b}	0.02	0.06	0.88	0.11

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

4.3 ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีน (CP) การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร (Table 4.3) ปรากฏว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และอิทธิพลปัจจัยหลักของ RSK และ PKC ต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM และ CP โดยทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ได้รับพลังงาน และไนโตรเจน (N) เพียงพอต่อกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน

ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเนื้อในเมล็ดยางพารามากกว่า 20% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ขณะที่ ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มไม่แตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องจาก ระดับเยื่อใย และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ RSK และ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Table 4.1) ทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะ NDF และ ADF มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992; Wanapt, 2000) มากกว่านั้น ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อความสามารถในการย่อย

ได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน 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

Table 4.3 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on apparent digestibility and digestible nutrient intake in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30			P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
Total-tract apparent digestibility[3]										
DM	73.36	73.48	70.56	70.94	70.24	70.99	1.26	0.06	0.68	0.96
OM	74.43	74.44	71.67	72.05	71.50	72.31	1.25	0.08	0.70	0.95
CP	70.93	73.97	74.17	73.87	73.97	72.42	1.54	0.60	0.75	0.32
NDF	64.06^{ab}	66.61^{a}	63.63^{ab}	63.58^{ab}	60.05^{b}	59.87^{b}	1.91	0.03	0.62	0.72
ADF	60.05^{ab}	61.99^{a}	59.78^{ab}	59.70^{ab}	52.99^{b}	52.99^{b}	2.70	0.02	0.78	0.91
Digestible nutrient intake, kg/d										
DOM	0.513^{ab}	0.541^{a}	0.538^{abc}	0.455^{bc}	0.460^{abc}	0.435^{c}	0.02	0.05	0.23	0.13
DCP	0.059	0.064	0.061	0.053	0.055	0.052	0.003	0.10	0.50	0.20
DNDF	0.242^{ab}	0.281^{a}	0.271^{a}	0.242^{ab}	0.222^{ab}	0.204^{b}	0.01	0.03	0.87	0.17
DADF	0.128^{ab}	0.150^{a}	0.153^{a}	0.130^{ab}	0.112^{b}	0.110^{b}	0.11	0.02	0.93	0.18
DEE	0.024^{b}	0.035^{b}	0.058^{b}	0.061^{a}	0.068^{a}	0.065^{a}	0.005	0.01	0.40	0.42
Estimated energy intake[2]										
ME Mcal/d	1.94^{abc}	2.05^{a}	2.04^{ab}	1.72^{bc}	1.74^{abc}	1.65^{c}	0.10	0.02	0.22	0.13
ME Mcal/kg DM	2.70	2.70	2.60	2.61	2.60	2.62	0.04	0.09	0.75	0.93

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).
[2]1 kg DOM = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982).

การลดความสามารถการย่อยได้ของเยื่อใยเกิดทั้งในโค และแกะเมื่อเสริมไขมันในอาหาร (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)

ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM, CP, NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้น กลุ่มที่ระดับเนื้อในเมล็ดยางพารามากกว่า 20% ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์

การย่อยได้ของอาหารลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารข้น และระดับเยื่อใย และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ RSK และ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) พบว่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของไขมันอาหารเพิ่มขึ้นตามระดับ RSK และ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

จากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/d และ Mcal/kg) พบว่า แพะทุกกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยกลุ่มที่ 4 และ 6 (T_4RSK_{20}-PKC_{30} และ T_6RSK_{30}-PKC_{30}) ได้รับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/d) ด้อยกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของ OM ต่ำกว่ากลุ่มอื่น

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราสามารถร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นแพะ ระดับ 20% (RSK 20% และ PKC 20% ตามลำดับ) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง

4.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน ค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด

จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้ง แสดงดังตารางที่ 4.4

ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ภายในกระเพาะรูเมนของแพะในช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าค่า ruminal pH ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.14-6.28) 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 (6.02-6.32) 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

Table 4.4 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on rumen fermentation characteristics and blood urea nitrogen in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30		SEM	P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30		RSK	PCK	RSKxPCK
Ruminal pH										
0 h-post feeding	6.23	6.25	6.29	6.45	6.30	6.37	0.07	0.20	0.16	0.59
4	6.32	6.02	6.08	6.11	6.08	6.20	0.15	0.87	0.66	0.33
Mean	6.28	6.14	6.19	6.28	6.19	6.29	0.06	0.12	0.17	0.77
NH_3-N, mg/dl										
0 h-post feeding	15.98	17.62	17.38	18.81	16.19	13.81	2.24	0.40	0.90	0.61
4	16.67	17.86	15.00	14.29	12.41	14.76	1.69	0.09	0.47	0.63
Mean	16.31	17.74	16.19	16.55	14.30	14.29	1.42	0.13	0.56	0.90
BUN, mg/dl										
0 h-post feeding	16.89^{a}	13.96^{ab}	12.71^{b}	12.66^{b}	12.60^{b}	16.05^{a}	0.97	0.03	0.84	0.05
4	16.34	15.48	13.09	13.99	15.44	16.57	1.19	0.09	0.69	0.66
Mean	16.62^{a}	14.72^{ab}	12.91^{b}	13.33^{ab}	14.02^{ab}	16.31^{a}	1.02	0.05	0.74	0.15

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.

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

* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

ความเข้มข้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 14.29-17.74 mg/dL (Table 4.4) ซึ่งค่าแอมโมเนีย-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 ขณะที่ 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)

ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) พบว่าค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมมีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยมีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ทำนองเดียวกับค่าเฉลี่ยรวมมีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในช่วง 12.91-16.62 mg/dL (Table 4.4) แม้ว่าค่า BUN มีค่าแตกต่างกัน แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ 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 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นของแพะไม่มีผลต่อค่า pH, NH_3-N และ BUN และอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

4.5 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

จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) ในแพะทั้ง 5 กลุ่ม (Table 4.5) โดยระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 30 และ 20% ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 57.65-65.87 mg/dl และแม้ว่ามีค่าแตกต่างกัน แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติในแพะ คือ 50-75 mg/dL (2.77 to 4.16 mmol/L) (Kaneko, 1980) 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 4.5 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on blood metabolized characteristics in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30		SEM	P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30		RSK	PCK	RSKxPCK
Glu, mg/dl										
0 h-post feeding	62.46^{a}	59.40^{ab}	56.46^{b}	55.20^{b}	57.30^{ab}	54.81^{b}	1.72	0.01	0.12	0.86
4	69.28^{a}	64.30^{ab}	59.83^{b}	62.75^{b}	62.38^{b}	60.48^{b}	1.97	0.01	0.42	0.15
Mean	65.87^{a}	61.85^{ab}	58.22^{b}	58.97^{b}	59.84^{b}	57.65^{b}	1.58	0.01	0.17	0.33
PCV, %										
0 h-post feeding	33.00	33.33	34.83	34.00	33.83	33.66	0.79	0.31	0.73	0.76
4	30.66	31.16	31.50	29.83	31.17	30.00	0.86	0.89	0.13	0.29
Mean	31.83	32.25	33.16	31.91	33.00	31.83	0.59	0.41	0.82	0.85

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different ($P<0.05$).
* $P<0.05$; ** $P<0.01$., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

Mahardika et al. (2000) รายงานว่า ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดลดลงในชั่วโมงที่ 2 และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 3-4 หลังการให้อาหาร ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองครั้งนี้ พบว่าระดับกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหารเพราะปริมาณกรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) ในกระเพาะรูเมนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสเพิ่มสูงสุดในชั่วโมงที่ 3 หลังการให้อาหาร ซึ่ง Fahey and Berger (1988) รายงานว่า กลูโคสในสัตว์เคี้ยวเอื้องสร้างมาจากกระบวนการกลูโคนีโอเจนีซิส (gluconeogenesis) ประมาณ 27-54% โดยความเข้มข้นปกติของกลูโคสในเลือดแพะที่โตเต็มที่มีค่าเฉลี่ย 62.5 mg/dl (Kaneko, 1980)

ส่วนค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือด (PCV) พบว่าค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมไม่มีมีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และปัจจัยเนื่องจากเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในช่วง 31.83-33.16% ซึ่งสูงกว่ารายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า PCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.00-29.87 และ 27.90-28.95% ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาทดลองครั้งนี้พบว่าค่า PCV อยู่ในเกณฑ์ปกติที่รายงานโดย Jain (1993) รายงานว่า ค่า PCV ที่ปกติของแพะอยู่ในช่วง 22-38, 24-48% (Schipper, 1992) และ 30-40% (Plumb, 1999) ตามลำดับ จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารข้น 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)

4.6 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม (Table 4.6)

กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด พบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (T_4RSK_{20}-PKC_{30} และ T_5RSK_{30}-PKC_{20} ตามลำดับ) ด้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทำนองเดียวกับค่ากรดบิวทีริคพบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ ขณะที่กรดอะซีติค และกรดโพรพิออนิคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร ยกเว้น กลุ่มที่ 1 (T_1RSK_0-PKC_{20}) ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม มีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของอาหาร (OMI และ CPI) ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ (OM และ CP) (Table 4.2 และ 4.3) และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (Table 4.1) เพราะ

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างสูง (Van Soest, 1994) นอกจากนี้ อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) สูง และมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงจะเพิ่มสัดส่วนของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (Nocek and Russel, 1988) ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในอาหารที่มีพลังงานสูง เนื่องมาจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสูง ส่วนกรดไขมันอื่นๆ (isobutyrate and n-valerate) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

Table 4.6 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on volatile fatty acid profiles in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30		SEM	P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30		RSK	PCK	RSKxPCK
Total VFA, mmol/L										
0 h-post feeding	57.15^{ab}	59.42^{ab}	65.55^{a}	50.24^{b}	51.70^{b}	55.56^{ab}	3.24	0.30	0.26	0.01
4	52.40^{ab}	61.79^{a}	58.56^{a}	45.35^{b}	53.21^{ab}	56.13^{ab}	3.54	0.36	0.91	0.01
Mean	54.78^{abc}	60.60^{ab}	62.05^{a}	47.80^{c}	52.46^{bc}	55.84^{abc}	2.59	0.37	0.43	0.01
Acetate (C_2)										
0 h-post feeding	62.82	60.00	60.42	59.45	59.31	59.21	2.24	0.62	0.48	0.82
4	64.28	59.16	64.24	59.78	58.37	58.88	1.98	0.19	0.07	0.32
Mean	65.55	59.58	62.33	59.62	58.84	59.05	1.61	0.25	0.11	0.43
Propionate (C_3)										
0 h-post feeding	20.62	24.39	28.24	25.99	26.86	27.26	3.00	0.61	0.79	0.23
4	19.77^{b}	25.20^{ab}	23.37^{ab}	29.96^{ab}	29.46^{a}	30.07^{a}	2.46	0.02	0.12	0.62
Mean	20.20^{b}	24.80^{ab}	25.80^{ab}	26.47^{ab}	28.16^{a}	28.67^{a}	2.06	0.54	0.26	0.03
Butyrate (C_4)										
0 h-post feeding	10.60^{a}	9.90^{ab}	7.51^{ab}	8.95^{ab}	6.62^{b}	8.52^{ab}	1.11	0.47	0.34	0.06
4	11.24^{a}	10.18^{ab}	8.01^{bc}	6.97^{c}	6.63^{c}	6.26^{c}	0.75	0.87	0.19	0.01
Mean	10.92^{a}	10.04^{ab}	7.76^{b}	7.96^{b}	6.62^{b}	7.39^{b}	0.71	0.01	0.85	0.56
C2:C3 ratio										
0 h-post feeding	3.18	2.82	2.26	2.58	2.55	2.68	0.56	0.59	0.94	0.82
4	3.41^{a}	2.39^{ab}	2.96^{ab}	2.26^{b}	2.25^{b}	2.07^{b}	0.33	0.11	0.03	0.46
Mean	3.29	2.61	2.61	2.43	2.41	2.38	0.35	0.27	0.30	0.62
Isobutyric acid										
0 h-post feeding	3.75	3.61	2.94	3.10	4.96	2.84	0.90	0.19	0.65	0.30
4	2.35	2.95	2.36	3.78	3.30	2.65	0.44	0.61	0.23	0.12
Mean	3.05	3.27	2.65	3.48	4.13	2.75	0.88	0.58	0.91	0.13
n-Valeric acid										
0 h-post feeding	2.17	2.06	2.86	2.39	2.22	2.13	0.10	0.85	0.21	0.19
4	2.33	2.07	2.01	2.47	2.20	2.10	0.12	0.78	0.73	0.12
Mean	2.25	2.07	2.43	2.43	2.21	2.11	0.18	0.95	0.32	0.11

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

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 ปริมาณแป้งที่ย่อยสลายได้ง่ายเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ขณะที่ ระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติคลดลง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (C_2:C_3 ratio) ตามช่วงเวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราไม่มีผลต่อค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร ยกเว้น ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น 20% PKC

มีสัดส่วนความเข้มข้นของ C_2:C_3 สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น 30% PKC 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 ถ้ามีการสังเคราะห์กรดอะซิติค และกรดบิวทีริคมากกว่าก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่งนอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (เมธา, 2533; Preston and Leng, 1987; Van Soest, 1994)

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 กรดโพรพิออนิค 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 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด ตามลำดับ

4.7 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อราโดยวิธีการนับตรง (Total direct count)

การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเพื่อให้ทราบถึงตระกูล (genus) ชนิด (species) และชีวมวล (biomass) เป็นอีกวิธีการที่ช่วยให้สามารถนำข้อมูลมาปรับกลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระเพาะรูเมน เพราะกระบวนการหมักส่วนใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นหลัก

จากการทดลองนี้ พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และอิทธิของปัจจัย RSK และ PKC ต่อจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.83-2.65 x10^{10} และ 2.43-4.95 x10^{6} cell/ ml ตามลำดับ (Table 4.7) 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 อาหารที่มีระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง

อย่างไรก็ตาม ประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง สัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ ระดับของ NH_3-N หรือประสิทธิภาพการย่อยได้ โดยอาหารที่มีการย่อยได้สูงและอาหารที่มีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น (Wallace, 1979; Song and Kennelly, 1990)

Table 4.7 Effects of level of rubber seed kernel (RSK) and palm kernel cake (PKC) in concentrate on on rumen microbs in goats fed on signal hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30		SEM	P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30		RSK	PCK	RSKxPCK
Total direct count										
Bacteria (x10^{10}cell/ml)										
0 h-post feeding	2.25	2.07	1.93	2.43	2.21	2.11	0.08	0.95	0.32	0.41
4	2.02	2.17	1.92	2.36	2.29	1.78	0.33	0.95	0.87	0.36
Mean	2.33	2.28	1.97	2.14	2.65	1.83	0.24	0.41	0.74	0.60
Fungal zoospores (x10^{6} cell/ ml)										
0 h-post feeding	3.20	5.03	3.13	2.55	3.60	2.45	1.88	0.42	0.65	0.37
4	3.20	4.88	2.81	2.80	2.28	3.25	1.34	0.23	0.17	0.59
Mean	3.16	4.95	2.96	2.65	2.94	2.86	1.50	0.29	0.37	0.46
Total Protozoa(x10^{6} cell/ml)										
0 h-post feeding	8.11^{a}	4.43^{b}	3.11^{bc}	1.20^{bc}	0.25^{c}	0.46^{c}	1.13	0.001	0.06	0.25
4	7.90^{a}	5.75^{a}	1.98^{b}	1.33^{b}	0.36^{b}	1.30^{b}	1.07	0.001	0.48	0.37
Mean	7.97^{a}	5.16^{ab}	2.77^{bc}	1.24^{c}	0.29^{c}	0.48^{c}	1.04	0.001	0.12	0.37
Holotrich sp. (x10^{6} cell/ml)										
0 h-post feeding	2.55^{a}	0.86^{b}	0.73^{b}	0.41^{b}	0.05^{b}	0.10^{b}	0.33	0.003	0.02	0.42
4	2.43^{a}	1.50^{ab}	0.68^{bc}	0.45^{bc}	0.06^{c}	0.18^{c}	0.35	0.001	0.23	0.33
Mean	2.46^{a}	1.20^{b}	0.68^{bc}	0.41^{bc}	0.03^{c}	0.11^{c}	0.32	0.001	0.08	0.12
Entodiniomorphs sp. (x10^{6} cell/ml)										
0 h-post feeding	5.58^{a}	3.50^{ab}	2.41^{bc}	0.80^{c}	0.23^{c}	0.36^{c}	0.83	0.002	0.09	0.39
4	5.48^{a}	4.46^{a}	1.83^{b}	0.93^{b}	0.35^{b}	0.38^{b}	0.74	0.001	0.31	0.74
Mean	5.51^{a}	3.96^{ab}	2.11^{ac}	0.86^{c}	0.26^{c}	0.38^{c}	0.74	0.001	0.15	0.50

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.

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

* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).

เมื่อพิจารณาประชากรโปรโตซัว จากผลการทดลองใน Table 4.7 พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC และอิทธิของปัจจัย PKC ต่อประชากรโปรโตซัว แต่ระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ โดยประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันทั้งสองประเภทในเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมี ความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น และจากการทดลองของ Lovett et al. (2003) พบว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำมันมะพร้าว 350 กรัม/วัน มีจำนวนโปรโตซัวลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ Machmuller et al. (1998) พบว่าเมล็ดทานตะวันสามารถทำให้จำนวนโปรโตซัวลดลงเช่นเดียวกัน Ivan et al. (2001) ซึ่งได้ทำการศึกษาการเสริมน้ำมันเมล็ดทานตะวันในแกะพบว่า การเสริมมีผลทำให้จำนวนโปรโตซัวทั้งหมดลดลงจาก 1,000,000 เซลล์/มิลลิลิตร เป็น 200,000 เซลล์/มิลลิลิตร ภายใน 6 วัน นอกจากนี้ ได้มีรายงานผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรโปรโตซัวในโค (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

อย่างไรก็ตาม ประชากรโปรโตซัวทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.29-7.97x10^{6} cell/ ml 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 พบว่า

มีประชากรโปรโตซัวเฉลี่ย 1.4x10^6 cell/ ml จากการทดลองนี้พบว่าจำนวนประชากรของโปรโตซัวเฉลี่ยมีค่าต่ำในกลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารข้นมากกว่า 20% RSK

ทำนองเดียวกับ เมื่อพิจารณากลุ่มประชากรโปรโตซัวโดยแบ่งออกเป็นกลุ่ม (*Holotrich sp*. และ *Entodiniomorphs sp.*) พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.01) และประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร 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) ซึ่งจำนวนโปรโตซัวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร และนิเวศน์วิทยาในกระเพาะรูเมน 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 จำนวนโปรโตซัวที่เพิ่มขึ้นทำให้แบคทีเรียลดลงเนื่องจากโปรโตซัวจับกิน (enguf) แบคทีเรียเป็นอาหาร โดยทั่วไปโปรโตซัวสามารถใช้แบคทีเรียเป็นอาหารได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ถ้าในสูตรอาหารมีเมล็ดธัญพืชเป็นหลัก โปรโตซัวจะกินเมล็ดแป้งสามารถช่วยปรับ pH และป้องกันสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนได้ (Russell and Hespell, 1981; McAllister et al., 1993)

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

ผลของเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนของแพะทั้ง 6 กลุ่ม ปรากฏว่า ไม่มีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC แต่มีความแตกต่างกัน (P<0.01) ของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) โดยระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับมากกว่า 20% RSK ขณะที่ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (PKC) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนอาหารข้น (N-concentrate) และปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน (P<0.01) แพะกลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 20 และ 30% ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารสูงกว่ากลุ่มอื่น (Table 4.2 และ 4.3) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระและความสามารถในการย่อยได้ ส่วนปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนอาหารหยาบไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ทำนองเดียวกับปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า (P<0.01) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 20 และ 30% ตามลำดับ อาจเนื่องมาจาก แพะที่ได้รับไนโตรเจนจากอาหารมากเกินความต้องการของจุลินทรีย์ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ขณะที่ ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย

(Retained N) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น กลุ่มที่ 4 (T_4RSK_{20}-PKC_{30}) มีค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมต่ำกว่ากลุ่มอื่น (P<0.05) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารสูงต่ำกลุ่มอื่น

Table 4.8 Effects of palm kernel cake on nitrogen utilization in goats fed on plicatulum hay as roughage

Item	RSK = 0 [1]		RSK = 20		RSK = 30			P-value*		
	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	PKC20	PKC30	SEM	RSK	PCK	RSKxPCK
N balance, g/d										
Total N intake	13.42^{ab}	14.04^{a}	13.08^{ab}	11.34^{b}	11.78^{b}	11.48^{b}	0.65	0.01	0.39	0.21
N-concentrate	12.18^{ab}	12.76^{a}	11.46^{ab}	9.99^{b}	10.43^{b}	10.21^{b}	0.66	0.01	0.50	0.32
N-roughage	1.24	1.27	1.61	1.34	1.34	1.27	0.11	0.15	0.30	0.42
N excretion, g/d										
Fecal N	3.87^{a}	3.65^{ab}	3.23^{ab}	2.93^{b}	2.92^{b}	2.91^{b}	0.24	<0.01	0.37	0.83
Urinary N	1.88^{a}	1.43^{ab}	1.43^{ab}	0.92^{b}	1.14^{b}	1.41^{ab}	0.22	0.09	0.21	0.16
Total N excretion	5.76^{a}	5.08^{ab}	4.67^{ab}	3.85^{b}	4.07^{b}	4.50^{b}	0.39	0.01	0.28	0.24
Absorbed N	9.54^{ab}	10.39^{a}	9.84^{ab}	8.41^{b}	8.85^{ab}	8.57^{ab}	0.57	0.11	0.54	0.17
Retained N	7.66	8.95	8.40	7.48	7.71	7.15	0.59	0.35	0.90	0.15
N output (% of N intake)										
Absorbed	70.94	73.96	74.16	73.86	73.99	73.74	1.54	0.54	0.51	0.47
Retained	57.07^{b}	63.83^{ab}	62.96^{ab}	65.59^{a}	63.51^{ab}	61.58^{ab}	2.42	0.30	0.22	0.22
PD output, mmol/d	6.11	6.21	5.90	5.94	5.40	5.45	0.53	0.39	0.89	0.99
Microbial N supply										
g N/d[3]	5.29	5.32	5.05	5.08	4.62	4.66	0.46	0.36	0.92	0.99
EMNS, g N/kg of OMDR[4]	15.64	15.26	15.33	17.52	16.80	16.60	1.61	0.72	0.69	0.67

[1] T_1RSK_0-PKC_{20}, T_2RSK_0-PKC_{30}, T_3RSK_{20}-PKC_{20}, T_4RSK_{20}-PKC_{30}, T_5RSK_{30}-PKC_{20}, T_6RSK_{30}-PKC_{30}.
[a-c] Within rows not sharing a common superscripts are significantly different (P<0.05).
* P<0.05; ** P<0.01., SEM = Standard error of the mean (n = 6).
[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).

เมื่อพิจาณาค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (% of N intake) และค่ากักเก็บไนโตรเจน (% of N intake) พบว่า ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ยกเว้น กลุ่มที่ 1 (T_1RSK_0-PKC_{20}) มีค่ากักเก็บไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมต่ำกว่ากลุ่มที่ 4 (T_4RSK_{20}-PKC_{30}) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มอื่น (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ย 70.94-73.99 และ 57.07-65.59% ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน 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) สำหรับการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารระดับต่างๆ กัน ใช้เป็นแหล่งพลังงาน และโปรตีนในสูตรอาหาร สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอต่อการดำรงชีพ ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อย สัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ไนโตรเจนจะถูกขับออกมาทางมูล และปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มีกลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่

กระเพาะรูเมนได้อีก (Church, 1979) ขณะที่พนอม (2526) รายงานว่า กระบือที่ได้รับโปรตีนจากอาหารต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย ไนโตรเจนที่ถูกขับออกมาในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนที่ได้รับ ทำให้ไนโตรเจนที่กักเก็บเป็นลบไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ

เมื่อพิจารณาการประเมินประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนภายในกระเพาะรูเมน โดยประเมินจากระดับอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกมากับปัสสาวะนั้น ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อปริมาณการขับอนุพันธ์พิวรีน และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (Table 4.9) โดยพบว่า ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นไม่ส่งผลอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออก 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 **การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพื่อทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารแพะ** เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีอาหารแพะ โดยอาศัยอาหารที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปการดำเนินการทดลองโดยรวมได้ ดังนี้

- สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราสามารถร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นแพะ ระดับ 20% (RSK 20% และ PKC 20% ตามลำดับ) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง และกลุ่มที่ได้รับระดับเนื้อในเมล็ดยางพารามากกว่า 20% ทำให้มีปริมาณการกินของโภชนะต่ำกว่ากลุ่มอื่น
- จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) ร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) และค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้ง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะทุกกลุ่ม ทำนองเดียวกับค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ พบว่ามีความแตกต่างกัน แต่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ โดยระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่มากกว่า 20% มีค่าระดับกลูโคสในกระแสเลือดต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ
- การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร ยกเว้นประชากรโปรโตซัว พบว่าระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่ 0% มีค่าสูงกว่า ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 20 และ 30% ตามลำดับ โดยประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ ความสมดุลของไนโตรเจน (N balance) และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (nitrogen utilization) ปริมาณการขับอนุพันธ์พิวรีน (purine derivatives excreted) และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม
- ดังนั้น สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราสามารถร่วมกับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นแพะ ระดับ 20% (RSK 20% และ PKC 20% ตามลำดับ) โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และเมแทบอไลท์ในกระแสเลือดของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ซึ่งจะเป็นลู่ทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นการลดต้นทุนการผลิต และการเพิ่มผลผลิตกำไร อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

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).

กรมพลังงานทดแทน. 2547. การสำรวจวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.ded.go.th/surver/agri.htm (24 ธันวาคม 2548).

กำชัย ตันติกาพงศ์. 2540. การศึกษาวิธีการลดกรดไฮโดรไซยานิกในเนื้อเมล็ดยางพารา. รายงานปัญหาพิเศษระดับบัณฑิตศึกษา. ภาควิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

กำชัย ตันติกาพงศ์. 2544. การใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราเสริมด้วยกรดแอมิโนแทนถั่วเหลืองไขมันสูงและกากถั่วเหลืองในอาหารสุกร (15–60 กิโลกรัม). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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.

จุฑารัตน์ พรหมพฤกษ์. 2551. ผลของการใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากในสุกรขุน (25-95 กก.). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ทวีพร พูนดุสิต. 2544. การเปรียบเทียบประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตของโคนม โคเนื้อและกระบือเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

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

เทอดชัย เวียรศิลป์, สุชีพ รัตนสาร, สัมฤทธิ์ แสนบัว และภรณี โอฬาริกชาติ. 2520. ผลการใช้กากเมล็ดยางพาราเลี้ยงสุกร. สุกรสาส์น. 4: 39-49.

เทอดชัย เวียรศิลป์, สุชีพ รัตนสาร, สัมฤทธิ์ แสนบัว และภรณี โอพาริกชาติ. 2521. ผลของการใช้กากเมล็ดยางพาราเลี้ยงสุกร. การประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยา ครั้งที่ 16 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 3-5 กุมภาพันธ์ 2521 หน้า 214-226.

ทัสดาว เกตุเนตร. 2550. การใช้กรดแอมิโนที่ใช้ประโยชน์ได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอาหารไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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

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

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ: ลินคอร์นโปรโมชั่น.

นุชนารถ กังพิสดาร. 2548. เอกสารวิชาการยางพารา. กรุงเทพฯ: สำนักเลขานุการ กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นุชนารถ กังพิศดาร และอรวรรณ ทองเนื้องาม. 2550. ศักยภาพการผลิตของยางไทย. ว. ยางพารา. 28: 42-52.

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

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

ปราณี แซ่โค้ว. 2540. การศึกษาส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม. กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

เปลื้อง บุญแก้ว. 2552. การใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหารไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ผดุงศักดิ์ จิโน. 2527. ผลการใช้กากเมล็ดยางพาราต่อคุณลักษณะของแม่สุกรในระยะอุ้มท้องและเลี้ยงลูก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พนอม ศรีวัฒนสมบัติ. 2526. ผลของการเสริมใบกระถินและ/ หรือใบผักตบชวาป่นร่วมกับฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารกระบือปลักต่อการย่อยได้และความสมดุลของไนโตรเจน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

พายับ นามประเสริฐ. 2538. ยางพารา: พืชเศรฐกิจของประเทศไทย. ว. 49: 123-124.

พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2538. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2: หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

ภิราภรณ์ ทุมรัตน์. 2552. ผลของเนื้อในเมล็ดยางพาราในอาหาร เพศ และน้ำหนักฆ่าต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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.

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2548. กากเมล็ดยางพารา. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://animal science.ucdavis.edu/Avian/pfs21.htm. (15 กรกฎาคม 2548).

มาลินี ลิ้มโภคา. 2523. พิษวิทยาและการวินิจฉัยโรคทางสัตวแพทย์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จรัลสนิทวงศ์.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2538. ฟางข้าวอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล. 2525. ผลของการใช้กากเมล็ดยางพาราต่อคุณลักษณะของสุกรระยะเจริญเติบโต (น้ำหนัก 15–90 กิโลกรัม). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรรณะ ม้าเฉี่ยว. 2536. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วรวรรณา แสงคง. 2549. ผลการเสริมผลพลอยได้ที่มีโซเดียมคลอไรด์และกรดนิวคลีอิกต่อการย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในโคพื้นเมืองภาคใต้เพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

วรรณา อ่างทอง, สดุดี พงษ์เพียจันทร์ และวารุณี พานิชผล. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ราชบัณฑิตสถาน. 2525. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์.

รัตน์ เพชรจันทร์. 2520. ยางพารา. กรุงเทพฯ: มงคลการพิมพ์.

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. สงขลา.

ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์, วินัย ประลมพ์กาญจน์ และอุดส่าห์ จันทร์อำไพ. 2525. การศึกษาเบื้องต้นถึงระดับที่เหมาะสมของกากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารไก่กระทง. รายงานเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ: สภาวิจัยแห่งชาติ.

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

ศิริศักดิ์ โกศลคุณาภรณ์. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อในเมล็ดยางพาราเสริมกรดแอมิโนสังเคราะห์ทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารสุกรรุ่นและขุน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ สายธนู. 2528. การเลี้ยงแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2531. ยางพารา. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยยาง. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2550. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สายัณห์ ทัดศรี. 2548. หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุธา วัฒนสิทธิ์, วินัย ประลมพ์กาญน์, วีระชัย แสงศิริวรรธนะ และธานี 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. สงขลา.

สุรัตน ชวนรำลึก. 2528. การศึกษาคุณค่าทางโภชนะของกากเมล็ดยางพาราในไก่กระทง และนกกระทาญี่ปุ่น. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2541. ข้อมูลการผลิตและการตลาดสินค้าเกษตรที่สำคัญ. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 10/2541. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. ข้อมูลการผลิตถั่วเหลืองของโลกและการนำเข้าถั่วเหลืองในประเทศไทย (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th.statistic/export/1301.xys (12 พฤศจิกายน 2549).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550ข. ข้อมูลสภาวะราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ในประเทศไทย. (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th.statistic/export/1301. xys (23 มกราคม 2551).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรประเทศไทยปี 2550. (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th (16 มกราคม 2552).

สำเร็จ อาษาสุข. 2534. การใช้กากเมล็ดยางพาราทดแทนกากถั่วเหลืองในอาหารไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี.

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

สุทธิศักดิ์ แก้วแกมจันทร์. 2535. การใช้กากเมล็ดยางพาราในสูตรอาหารเสริมโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อนันต์ วิชชุรังษี. 2548. ผลของระดับอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแม่โคพื้นเมืองภาคใต้ช่วงระยะกลางการตั้งท้อง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. นครปฐม: ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดม พูลเกษ. 2541. ยางพารา. ใน พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. หน้า 196-202. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2548. คู่มือปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ: เพ็ทแพลัน 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.

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. and W. G. Pond. 1987b. Nutritive value of rubber seed *(Hevea brasiliensis)* meal and oil II. Rubber seed oil versus can oil in semipurified diets for rats. Nutr. Rep. Int. 36: 857.

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.

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.

Bressni, R., L. G. Elias, J. Ayuso, O. Rosal, J. E. Braham and J. Zuniga. 1983. Nutritive value of protein and oil in rubber seed *(Hevea brasiliensis).* Turriaba 33: 61.

Brinker, A.M. and D.S. Seigler. 1989. Methods for the detection and quantitative determination of cyanide in plant materials. Phytochemical Bulletin. 21:24-31.

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.

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.

Buvanendran, V. and I. A. Des Siriwandene. 1970. Rubber seed meal in poultry diets. Ceylon Vet. 1. 18: 33.

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

Duong, D. D. 1988. Use of rubber seed meal in diet for colored feather chicken. Nong Lum University. (Online). Available at: http: //www..mekarn.Org/sarec03/donguaf. htm (accessed on July 16, 2005).

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.

Fetuga, B. L., J. O. Ayeni, A. Olaniyan, M. A. Balogun, G. M. Babatunde and V. A. Oyenuga 1978. Biological evaluation of para-rubber seeds *(Hevea brasiliensis).* Nutr. Abstr. and Rev. 48: 106.

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. 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.

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

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.

Georgi C. D. V., V. R. Greenstreet and G. L. Teik. 1932. Storage of rubber seeds. Malay. Agric. J. Clin. Nutr. 20: 1300-1303.

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.

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.

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.

Harris, L. E., T. F. Leche, L. C. Kearl, P. V. Fonnesbeck and H. Lloyd. 1982. Central and Southeast Asia Tables of Feed Composition. International Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University. Logan, Utah. 513pp.

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.

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.

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.

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.

Koh, L. P. and J. Ghazoul. 2008. Biofuels, biodiversity, and people: Understanding the conflicts and finding opportunities. Biological Conservation. 141: 2450–2460.

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.

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.

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

Narahari, D. and P. Kothandaraman. 1984. Chemical corn position and nutritional value of para-rubber seed and its products for chickens. Anim. Feed Sci. Technol. 10: 257.

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. 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. 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.

Ong, H. K. and J. Radem. 1981. Effect of feeding rubber seed meal-based diets on performance and serum thiocyanate level of growing-finishing pigs. MARDI Res. Bull. 9: 78.

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.

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

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.

Rajaguru, A. S. B. and V. Ravindran. 1979. Rubber seed meal as a protein supplement in growing swine rations. J. Natl. Sci. Council of Sri Lanka. 7: 101.

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

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.

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

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.

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.

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

Siriwardene J. A., S. De and D. Nugara. 1972. Nutritive value of rubber seed meal. Ceylon Vet. J. 20: 61-63.

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.

Sovanno, P. 2002. Rubber seed as a feed supplement for pig production. (Online). Available at: www.utafoundation.org/utacambod/msc99thes/teanlr.htm (Accessed on January 29, 2009).

Stotic, D. D. and Kaykay, J. M. 1991. Rubber seed as animal feeds in Liberia. World Animal Review. 39: 29–39.

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.

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.

Tinnimit, P. 1985. Urea-treated rice straw and rubber seed diets for growing cattle. In: R.M. Dixon (ed.). Ruminant feeding systems Utilizing Fibrous Agriculture Residue. pp. 239-243. International Development Program at Australian Universities and Colleges Limited, Cambera.

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.

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.

Yeong, S. W. and A. B. Syed Ali. 1979. The use of rubber seed meal in poultry. I. The effect of varying levels of rubber seed meal in broiler diets. MARDI Res. Bull. 7:127.

Yeong, S. W., A. B. Syed Ali and N. Yusof. 1981. The use of rubber seed meal in poultry. II. The effect of rubber seed meal in layers diets. MARDI Res. Bull. 9:92.

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)

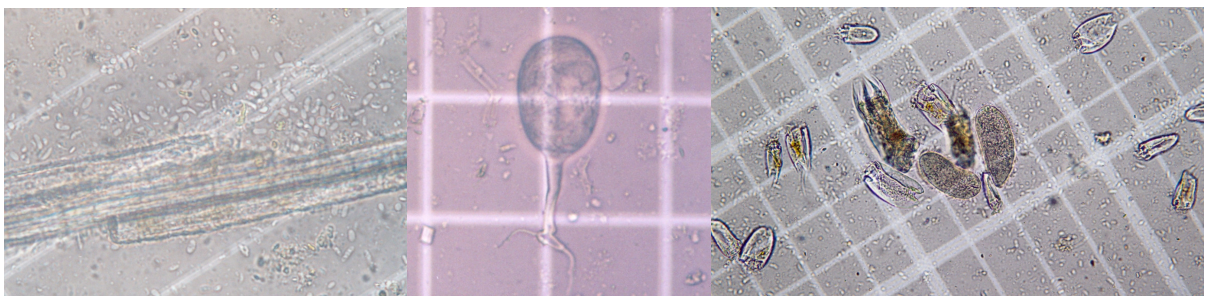

Figure 2. A micrograph showing the rumen bacteria attached the surfaces of a forage particle (left), ruminal zoospore (middle) and holotrich, entodinomorphs grazing on feed particle and bacteria in the background (right)

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

เอกสารงานวิจัยภายใต้โครงการที่ได้รับการตีพิมพ์ และที่ได้รับการนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศและ/ หรือนานาชาติ

1. การนำเสนอในการประชุมสัมมนาระดับประเทศ

1. สุภิญญา ชูใจ ปิ่น จันจุฬา ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล และอภิชาติ หล่อเพชร. 2552. ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ. ใน: การประชุมสัมมนาวิชาการสัตวศาสตร์ครั้งที่ 5 “ปศุสัตว์ไทยในกระแสเศรษฐกิจถดถอย”, 16 ตุลาคม 2552, ณ ห้องประชุมกวี จุติกุล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. หน้า 47-51.

2. ผลงานวิจัยที่อยู่ระหว่างการนำเสนอเพื่อตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

1. Chanjula, P., S. Chujai, Y. Siriwathananukul and A. Lawpetchara. 2010. Effect of feeding combinations of rubber seed kernel and palm kernel cake based diets on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations in goats fed *Briachiaria humidicola* hay-based diet. **To be submitted to Asian-Aust. J. Anim. Sci. 2010. (in press May 8, 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