ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

Effects of Levels of Palm Kernel Cake in Concentrate on Feed Intake, Digestibility, Ruminal Fermentation and Nitrogen Balance in Goats

อารีย์วรรณ มีแสง

Areewan Mesang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

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

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นางสาวอารีย์วรรณ มีแสง

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สุธา วัฒนสิทธิ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. องอาจ อินทร์สังข์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....

(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผู้เขียน นางสาวอารีย์วรรณ มีแสง

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะ โดยศึกษาในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน จำนวน 5 ตัว เพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลองแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน แพะได้รับอาหารข้นที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส แตกต่างกันโดยสูตรที่ 4 และ 5 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ประชากรจุลินทรีย์ ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด กลูโคสในเลือด และปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) โดยสูตรที่ 4 และ 5 มีการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนต่ำกว่ากลุ่มอื่น จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 15-35 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง

Thesis Title Effects of Level of Palm Kernel Cake in Concentrate on Feed Intake, Digestibity, Ruminal Fermentation and Nitrogen Balance in Goats

Author Miss Areewan Mesang

Major Program Animal Science

Academic Year 2010

ABSTRACT

This experiment aimed to study effects of levels of palm kernel cake (PKC) in concentrate on feed intake, digestibility, rumen fermentation and nitrogen balance in goats. Five Thai Native x Anglo – Nubian crossbred male goats with average liveweight of 20±1 kg, were randomly assigned according to a 5x5 Latin square design to receive five diets (15, 25, 35, 45 and 55% PKC, respectively). Plicatulum hay was offered on *ad libitum* basis. Based on this experiment, there were no significant differences (P>0.05) among treatments regarding DM intake, whereas apparent digestibilities of DM, OM, CP, NDF and ADF were difference by inclusion of PKC in diets for goats fed the diet T_4 and T_5 containing 45 and 55% PKC lower than another treatments. The ruminal fluid pH, NH_3–N, Volatile fatty acid, rumen microorganism BUN, blood glucose and pack cell volume were similar among treatments (P>0.05). But nitrogen balance was affected by inclusion of PKC in diets for goats fed the diet containing 45 and 55% PKC lower than another treatments. It could be concluded that the level of PKC in concentrate should be 15-35 % for goat fed with plicatulum hay.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ปิ่น จันจุฬา ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในระหว่างการดำเนินการทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ รศ. สุธา วัฒนสิทธิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.องอาจ อินทร์สังข์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณสหัทยา พงศ์ประยูร นักวิชาการของหมวดแพะ ภาควิชาสัตว-ศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนเจ้าหน้าที่หมวดแพะ ทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในระหว่างการทดลอง ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

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

อารีย์วรรณ มีแสง

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... (6)
รายการตาราง..... (7)
รายการภาพประกอบ..... (9)
รายการภาพประกอบภาคผนวก..... (10)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ..... (11)
บทที่
1. บทนำ..... 1
การตรวจเอกสาร..... 3
วัตถุประสงค์..... 18
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง..... 19
3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 28
4. สรุปและข้อเสนอแนะ……..... 51
สรุป..... 51
ข้อเสนอแนะ..... 52
เอกสารอ้างอิง..... 53
ภาคผนวก……..……..... 59
ก ภาพประกอบการทดลอง……. 60
ข การนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยวิธีนับตรง..... 64
ค น้ำหนักของแพะทดลองในแต่ระยะเวลาการทดลอง..... 67
ประวัติผู้เขียน……..... 68

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ประชากรแพะในประเทศไทย.....	3
2	ส่วนประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน(เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)……..	10
3	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง).....	21
4	แผนผังการทดลอง.....	23
5	องค์ประกอบทางเคมี ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมัน และ อาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง).....	30
6	ปริมาณการกินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ.....	32
7	ปริมาณโภชนะที่กินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ……...	34
8	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ ……	36
9	ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ.....	38
10	อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ	40
11	กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคท-ทูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ.....	44

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ.....	46
13	ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ…….....	48
14	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจน ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ	50

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน.....	6
2	ส่วนต่างๆ ของผลปาล์มน้ำมัน.....	6
3	สัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม.....	8
4	ระยะทดลองและการเก็บตัวอย่างระหว่างการทดลอง.....	24

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การชั่งน้ำหนักแพะ	60
2	แพะทดลองในระยะปรับตัวในคอกขังเดี่ยว	60
3	อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง	60
4	หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง	61
5	กรงทดลองหาการย่อยได้	61
6	มูลแพะที่ขับออกในแต่ละวัน	61
7	ปัสสาวะแพะที่ขับออกในแต่ละวัน	62
8	อุปกรณ์ในการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	62
9	การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	62
10	การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน	62
11	อุปกรณ์ในการเก็บเลือด และการเก็บเลือด	63

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADL	=	acid detergent lignin (ลิกนิน)
BUN	=	blood urea nitrogen (ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด)
BW	=	body weight (น้ำหนักตัว)
$BW^{0.75}$	=	metabolic body weight (น้ำหนักเมแทบอลิก)
C_2	=	acetic acid (กรดแอซิติก)
C_3	=	propionic acid (กรดโพรพิออนิก)
C_4	=	butyric acid (กรดบิวทิริก)
CF	=	crude fiber (เยื่อใยรวม)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
DCF	=	digestible crude fiber (เยื่อใยรวมที่ย่อยได้)
DCP	=	digestible crude protein (โปรตีนรวมที่ย่อยได้)
DEE	=	digestible ether extract (ไขมันรวมที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DOM	=	digestible organic matter (ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)
ME	=	metabolizable energy (พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NFE	=	nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NH_3-N	=	ammonia nitrogen (แอมโมเนีย-ไนโตรเจน)
NSC	=	non structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)
PKC	=	palm kernel cake (กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน)
PCV	=	pack cell volume (ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น)
SEM	=	standard error of the mean (ค่าความคาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)
TDN	=	total digestible nutrient (โภชนะที่ย่อยได้รวม)
VFA	=	volatile fatty acid (กรดไขมันที่ระเหยง่าย)

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก มีความสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ ใช้พื้นที่เลี้ยงต่อตัวน้อย มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนดี กินอาหารพวกพืชได้หลายชนิด ขยายพันธุ์ได้เร็วและลงทุนในการผลิตต่ำ (เอกชัย, 2546) จึงทำให้การเลี้ยงแพะเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2549 ประชากรแพะในประเทศไทยรวม 324,150 ตัว และเพิ่มขึ้นเป็น 380,277 ตัวในปี พ.ศ. 2553 เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายภาคพบว่า ภาคใต้มีแพะมากที่สุดจำนวน 181,848 ตัว เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยมุสลิม ซึ่งนิยมบริโภคเนื้อแพะ อีกทั้งเนื้อแพะยังเป็นส่วนหนึ่งของการประกอบพิธีทางศาสนา (วินัย, 2542) รองลงมาคือ ภาคกลางจำนวน 137,813 ตัว ภาคเหนือจำนวน 43,163 ตัว และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 17,453 ตัว ตามลำดับ ซึ่งจังหวัดที่มีการเลี้ยงมากที่สุดคือ จังหวัด ยะลา รองลงมาคือ จังหวัดปัตตานี และจังหวัดอื่นๆ เช่น ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี และสงขลา ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2553)

การจัดการด้านอาหาร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของแพะ ทั้งนี้แพะกินอาหารหยาบ ซึ่งได้แก่ หญ้าและใบไม้เป็นหลักถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (เอกชัย, 2546) แต่เนื่องจากหญ้าในเขตร้อนมีคุณภาพต่ำ และมักขาดแคลนในฤดูแล้ง จึงทำให้แพะมีน้ำหนักลดลงได้ ในช่วงดังกล่าวนี้ ผู้เลี้ยงจึงควรหาอาหารข้นเสริมให้กับแพะ เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก (สมเกียรติ, 2528) เนื่องจากอาหารข้นเป็นอาหารที่สามารถย่อยและดูดซึมได้ง่าย (บุญเสริม, 2545) แต่ต้นทุนค่าวัตถุดิบที่ใช่เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และมันเส้น มีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งไม่ใช้วัตถุดิบในพื้นที่ภาคใต้ จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ใกล้เคียงกัน แต่มีราคาถูกกว่าและหาได้ง่ายในท้องถิ่นมาทดแทน

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ในระยะเวลาไม่กี่ปีที่ผ่านมา พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายตัวอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 2.95 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 4.20 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2553 ขณะที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยปี พ.ศ. 2549 ผลผลิต 6.72 ล้านตัน เพิ่มขึ้นเป็น 9.03 ล้านตันในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งจังหวัดที่พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมาก คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 1.00 ล้านไร่ รองลงมาคือ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์ม-

น้ำมันและให้ผลผลิต 0.97 ล้านไร่ และจังหวัดอื่นๆ เช่น ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และนครศรีธรรมราช ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังนั้นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากการสกัดผลปาล์มเพื่อเอาน้ำมันปาล์มจึงมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งผลพลอยได้ที่สำคัญของอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน ได้แก่ กากปาล์ม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และกากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ผลพลอยได้เหล่านี้มีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีนและพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (พันทิพา, 2538)

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel cake, PKC) เป็นส่วนที่ได้จากการกะเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาอัดน้ำมันซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการสกัดแยกน้ำมันจะได้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ (FAO, 1988 อ้างโดย จินดา, 2548) ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของ กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันจะแตกต่างกันไปตามวิธีการสกัดน้ำมันปาล์ม ซึ่งมี 2 วิธี คือ การสกัดน้ำมันด้วยเกลียวอัด (screw press) และการสกัดน้ำมันโดยใช้สารเคมี (solvent extraction) แต่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ได้จากการหีบผลปาล์มด้วยเกลียวอัด (นิวัต, 2531) โดยมีโปรตีนรวมประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน-ฟรีเอกซ์แทรก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 60-66 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 40-44 เปอร์เซ็นต์ (ทวีศักดิ์, 2529; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547) และจากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้องพบว่า โค แพะ และแกะ สามารถย่อยวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และผนังเซลล์ในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 60-70, 67-72, 53-71 และ 52-66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (สุมิตรา, 2543; Miyashige *et al*., 1987; Suparjo and Rahman, 1987) ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงาน หรือแหล่งโปรตีนในอาหารข้นเพื่อใช้เสริมร่วมกับอาหารหยาบในสภาวะที่แพะได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำ หรือในสภาวะที่สัตว์อยู่ในระยะให้ผลผลิต อย่างไรก็ตาม การนำกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นอาหารแพะ จำเป็นต้องทราบระดับที่เหมาะสม ที่จะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพสูงสุด จากการศึกษาการใช้อาหารข้นซึ่งมีส่วนประกอบของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในแพะพบว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 15-30 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ อัตราการเจริญเติบโต และลักษณะซากของแพะ (พิชัย, 2534; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547)

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารแพะได้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับ ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะ-รูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน ที่เลี้ยงในภาคใต้ยังมีจำกัด จึงควรมีการ

ศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม อีกทั้งควรศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลงเป็นผลดีต่อเกษตรกร

ตรวจเอกสาร

แพะและการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก มีความสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมต่างๆ ใช้พื้นที่เลี้ยงต่อตัวน้อย มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนดี กินอาหารพวกพืชได้หลายชนิด ขยายพันธุ์ได้เร็วและลงทุนในการผลิตต่ำ (เอกชัย, 2546) จึงทำให้การเลี้ยงแพะเพิ่มมากขึ้นโดยในปี พ.ศ. 2549 ประชากรแพะในประเทศไทยรวม 324,150 ตัว และเพิ่มขึ้นเป็น 380,277 ตัวในปี พ.ศ. 2553 เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายภาค พบว่า ภาคใต้มีแพะมากที่สุดจำนวน 181,848 ตัว (ตารางที่ 1) เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวไทยมุสลิม ซึ่งนิยมบริโภคเนื้อแพะ อีกทั้งเนื้อแพะยังเป็นส่วนหนึ่งของการประกอบพิธีทางศาสนา (วินัย, 2542) รองลงมาคือ ภาคกลางจำนวน 137,813 ตัว ภาคเหนือจำนวน 43,163 ตัว และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 17,453 ตัว ตามลำดับ ซึ่งจังหวัดที่มีการเลี้ยงมากที่สุดคือ จังหวัด ยะลา รองลงมาคือ จังหวัดปัตตานี และจังหวัดอื่นๆ เช่น ประจวบคีรีขันธ์ กาญจนบุรี และสงขลา ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2553)

ตารางที่ 1 ประชากรแพะในประเทศไทย

พ.ศ	ประชากรแพะในประเทศไทย (ตัว)				
	ภาคเหนือ	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคกลาง	ภาคใต้	รวมทั้งประเทศ
2549	56,149	15,014	111,742	141,245	324,150
2550	86,373	21,423	162,926	174,052	444,774
2551	53,702	20,901	158,487	140,939	374,029
2552	61,368	20,363	160,278	141,787	383,796
2553	43,163	17,453	137,813	181,848	380,277

ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมปศุสัตว์ (2553)

การจัดการด้านอาหาร เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการให้ผลผลิตของแพะ ทั้งนี้แพะกินอาหารหยาบ ซึ่งได้แก่ หญ้าและใบไม้เป็นหลักถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (เอกชัย, 2546) แต่เนื่องจากหญ้าในเขตร้อนมีคุณภาพต่ำ และมักขาดแคลนในฤดูแล้ง จึงทำให้แพะมีน้ำหนักลดลงได้ ในช่วงดังกล่าวนี้ ผู้เลี้ยงจึงควรหาอาหารข้นเสริมให้กับแพะ เพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก (สมเกียรติ, 2528) เนื่องจากอาหารข้นเป็นอาหารที่สามารถย่อยและดูดซึมได้ง่าย Prolomkarn และคณะ (1995) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของ แพะพื้นเมืองไทย ลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน 25 เปอร์เซ็นต์ และลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ ที่ได้รับหญ้าแห้ง (โปรตีนรวม 3.7 เปอร์เซ็นต์) วันละ 50 กรัม และได้รับการเสริมอาหารข้น (โปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1) ระดับเพื่อการดำรงชีพ 2) ระดับ 1.2 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ 3) ระดับ 1.4 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ และ 4) ระดับเต็มที่ พบว่าการเสริมอาหารข้นในระดับเต็มที่ แพะมีอัตราการเจริญเติบโต (100 กรัมต่อวัน) สูงกว่าการเสริมอาหารข้นในระดับ 1.4 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ (76 กรัมต่อวัน) ระดับ 1.2 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ (67 กรัมต่อวัน) และเพื่อการดำรงชีพ (13 กรัมต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้การเสริมอาหารข้นในระดับที่สูงกว่าระดับเพื่อการดำรงชีพ มีผลทำให้แพะมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (15.5 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นเสริมในระดับเต็มที่ (5.2 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กิโลกรัม) ระดับ 1.4 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ (5.2 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) และระดับ 1.2 เท่าของเพื่อการดำรงชีพ (5.4 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกัน Kochapakdee และคณะ (1994) ได้ศึกษาผลของระดับอาหารข้นต่อการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมือง แพะลูกผสม 25 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน x 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง และแพะลูกผสม 75 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน x 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง เพศเมีย ที่แทะเล็มในแปลงหญ้าผสมถั่ว โดยให้แพะได้รับอาหารข้นที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าและเสริมอาหารข้นในระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 3 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าและเสริมอาหารข้นในระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (33 กรัมต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ไม่ได้รับการเสริมอาหารข้น (13 กรัมต่อวัน) หรือเสริมอาหารข้นในระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (18 กรัมต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบลักษณะซากแพะพื้นเมืองเพศเมียหลังหย่านม แพะลูกผสม 25 เปอร์เซ็นต์ แองโกล-นูเบียน x 75 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง และแพะลูกผสม 50 เปอร์เซ็นต์ แองโกลนูเบียน x 50 เปอร์เซ็นต์ พื้นเมือง เพศผู้ ที่ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าพลิแคททูลั่มอย่างเดียว กับแพะที่เล็มในแปลงหญ้าและได้รับอาหารข้นเสริม 2 ระดับ คือ 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้อาหารข้นมีโปรตีน

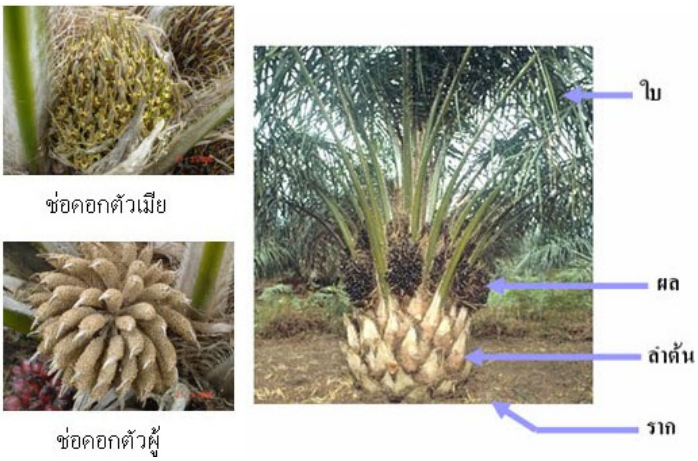
รวม 16.25 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานรวม 3,667 กิโลแคลอรีต่ออาหาร 1 กิโลกรัม เป็นเวลา 180 วัน พบว่า เปอร์เซ็นต์ซากของแพะที่ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียว (43.8 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นเสริม 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (45.5 และ 46.5 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) (Pralomkarn *et al*., 1994)

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่าการเสริมอาหารข้นให้กับแพะ ทำให้อัตราการเจริญเติบโต และคุณภาพซากสูงขึ้น แต่ถึงอย่างไรก็ตามราคาวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เช่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด และมันเส้น มีราคาค่อนข้างสูง อีกทั้งไม่ใช่วัตถุดิบในพื้นที่ภาคใต้ จึงจำเป็นต้องหาวัตถุดิบชนิดอื่นที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ใกล้เคียงกัน แต่มีราคาถูกกว่าและหาได้ง่ายในท้องถิ่นมาทดแทน

ปาล์มน้ำมัน

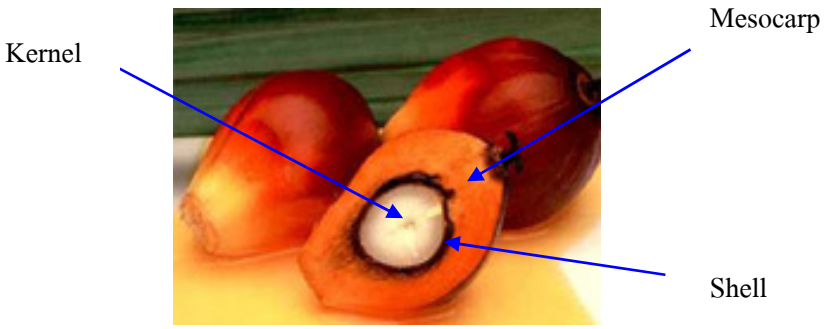
ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน เมื่อจัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธานพืช จำแนกอยู่ในวงศ์ (Family): Palmae หรือ Recaceae จีนัส (Genus): Elaeis สปีชีส์ (Species): guineensis ชื่อสามัญ (Common name): oil palm ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific name): *Elaeis guineensis* Jacq. ปาล์มน้ำมัน (ธีระ และคณะ, 2548) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นเดี่ยว สูงประมาณ 15–20 เมตร ไม่แตกกิ่งแขนง มีใบเป็นใบประกอบขนาดใหญ่ ใบเป็นรูปขนนกคล้ายใบมะพร้าว แต่ละใบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ก้านทางใบและใบย่อย ก้านทางใบใหญ่และยาวเป็นกาบหุ้มลำต้น มีลักษณะคล้ายใบมะพร้าว (Ishida and Abu-Hassan, 1997) (ภาพที่ 1) ออกดอกเป็นช่อ ช่อตัวผู้กับตัวเมียแยกกันคนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) โดยทั่วไปปาล์มน้ำมันสามารถผลิตทะลายสดปาล์มได้ไม่ต่ำกว่า 12 ทะลายต่อต้นต่อปี มีน้ำหนักต่อหนึ่งทะลายประมาณ 10–30 กิโลกรัม จำนวนผลทั้งหมดต่อทะลายรวมประมาณ 500–4,000 ผล โดยเฉลี่ยมีจำนวน 1,600 ผลต่อทะลาย แต่ขึ้นอยู่กับอายุของปาล์มน้ำมัน ปาล์มน้ำมันที่มีอายุน้อยจะมีจำนวนทะลายต่อต้นมาก แต่ทะลายมีขนาดเล็ก ในขณะที่ปาล์มที่มีอายุมากขึ้นจะมีจำนวนทะลายต่อต้นน้อยลง แต่ขนาดทะลายจะใหญ่ขึ้น เมื่อผลสุกจะมีสีแดงอมม่วง สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมสำหรับปาล์มน้ำมัน ควรเป็นพื้นที่ราบ มีความลาดชันไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำไม่ท่วมขัง ดินร่วนถึงเหนียว อากาศถ่ายเทได้สะดวก อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 22-32 องศาเซลเซียส (ธีระ และคณะ, 2548)



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของปาล์มน้ำมัน
ที่มา : สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร (2548)

ส่วนประกอบของผลปาล์มน้ำมัน (ภาพที่ 2) มีชั้นนอกสุดที่เป็นผิวเปลือก (exocarp) มีสีแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ แต่พันธุ์ที่ใช้ในประเทศไทยมีชั้นของผิวนอกเป็นสีแดง ซึ่งเป็นการพัฒนาจากสีดำเรื่อยมา ชั้นถัดไปเป็นชั้นที่เรียกว่าชั้น mesocarp เป็นชั้นที่มีน้ำมันและ เยื่อใยเป็นองค์ประกอบ น้ำมันในส่วนของชั้น mesocarp มีปริมาณ 45-55 เปอร์เซ็นต์ ถัดเข้าไปเป็นชั้นของเมล็ดที่เรียกว่า seed โดยเป็นชั้นของกะลา (shell) และชั้นในสุดเป็นเนื้อปาล์มน้ำมันที่เป็น endosperm ของเมล็ดปาล์มที่เรียกว่า kernel ชั้น kernel นี้มีน้ำมันอยู่มากมีปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักของ kernel (พรชัย, 2549)



ภาพที่ 2 ส่วนต่างๆ ของผลปาล์มน้ำมัน
ที่มา : สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร (2548)

ผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

ในช่วงปี พ.ศ. 2549-2553 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 2.95 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 4.20 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2553 ขณะที่ผลผลิตได้รับเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยปีพ.ศ. 2549 ได้รับผลผลิต 6.72 ล้านตัน ได้เพิ่มขึ้นเป็น 9.03 ล้านตันในปี พ.ศ. 2553 โดย 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันอยู่ในเขตภาคใต้ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันมาก คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 1.00 ล้านไร่ รองลงมาคือ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันและให้ผลผลิต 0.97 ล้านไร่ และจังหวัดอื่นๆ เช่น ชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ และนครศรีธรรมราช ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ดังนั้นปัจจุบันผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันที่ได้จากกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจึงมีปริมาณมากขึ้น จินดา (2548) กล่าวว่า ในกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจะได้ผลผลิต 2 ประเภท (ภาพที่ 3) คือ

1. ผลผลิตโดยตรง คือ น้ำมันปาล์มมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มน้ำมันทั้งทะลาย ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ได้จากเปลือก เรียกว่า palm oil มีสีเข้ม และมีความหนืด ตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงหนืดมาก และชนิดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel oil) มีสีจางกว่าชนิดแรก อาจมีสีเหลืองอมน้ำตาล และมีความหนืดระดับปานกลาง

2. ผลพลอยได้ คือ

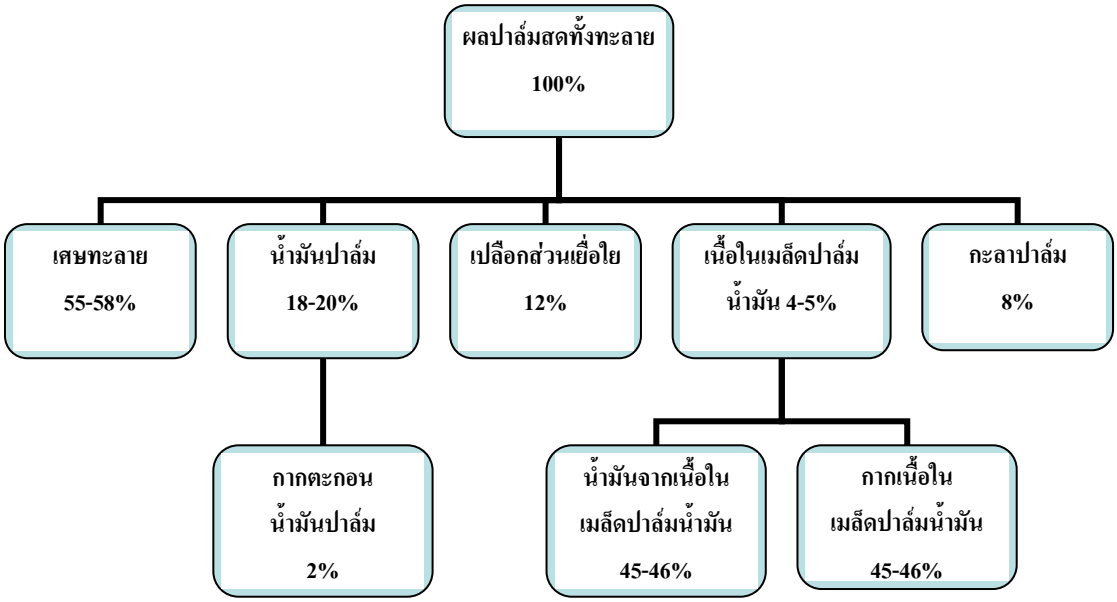
2.1 ทะลายปาล์ม (bunch trash) มีประมาณ 55-58 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งทะลายที่แยกจากผลปาล์มหลังจากอบแล้ว และจะถูกนำเข้าเตาเผาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ออกมาเป็นขี้เถ้า และใช้เป็นปุ๋ย

2.2 กากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) เป็นส่วนเปลือกของผลปาล์มน้ำมันที่หีบน้ำมันออกแล้วมีประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ ของปาล์มทั้งทะลาย ส่วนใหญ่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงงาน

2.3 เนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel) เป็นส่วนที่แยกเอาเปลือกและกะลาออกแล้วมีประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ของปาล์มทั้งทะลาย เมื่อนำมาหีบน้ำมันออก กากที่เหลือมีลักษณะแห้งและแข็งอาจเป็นแผ่น (palm kernel cake, PKC) หรือเป็นผงละเอียด (palm kernel meal, PKM) มีคุณค่าทางอาหารสูง

2.4 กะลาปาล์ม (Palm nut shell) ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานปาล์มน้ำมันมีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ของผลปาล์มทั้งทะลาย

2.5 กากตะกอนปาล์ม (palm oil sludge, POS) เป็นของเหลือที่เป็นของเหลวจากโรงงานปาล์ม มีประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 สัดส่วนและผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม
ที่มา: FAO (1988) อ้างโดย จินดา (2548)

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

1. น้ำมันปาล์ม ใช้เป็นแหล่งไขมันในอาหารสัตว์ ปราณี (2540) พบว่าในน้ำมันปาล์มประกอบด้วย กรดพาล์มิติก (palmitic acid) ปริมาณสูงสุด 38-52 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด รองลงมาคือ กรดโอลีอิก (oleic acid) 34-46 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด กรดไลโนลีอิก (linoleic acid) 8-17 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด และกรดไขมันอื่นๆ เช่น กรดสเตียริก (stearic acid) กรดไมริสติก (myristic acid) กรดอราชิดิก (arachidic acid) และกรดลอริก (lauric acid) อีกประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันทั้งหมด

2. กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม คือ กากปาล์มกะเทาะเปลือก เป็นส่วนกากที่มีแต่เนื้อในล้วนๆ ไม่มีเปลือกกะลาหรือเปลือกทะลายติดอยู่เลยคุณภาพจึงสูง ใช้เป็นแหล่งโปรตีนได้ดีในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตที่ผลิตได้ในประเทศไทยยังไม่สามารถแยกกะลาออกได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ผลิตได้จึงมีกะลาปนอยู่ ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการแยกน้ำมันมาจากเนื้อในเมล็ดปาล์มมีประมาณ 45-46 เปอร์เซ็นต์ของ

ผลปาล์มสดทั้งทลายหรือ 2.95 เปอร์เซ็นต์ของปาล์มทั้งผล ลักษณะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มจะแห้งเป็นผง (คล้าย ๆ ทราย) ไม่ค่อยกระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ สามารถใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดีกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยวเนื่องจากเยื่อใยสูง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนี้มีกรดแอมิโนที่จำเป็นต่ำกว่ากากถั่วเหลืองมาก

3. กากตะกอนน้ำมันปาล์ม เป็นของเหลวที่มีส่วนของตะกอนภายหลังจากแยกเอาส่วนของน้ำมันปาล์มออกไปแล้ว กากตะกอนน้ำมันปาล์มมีไขมันประกอบอยู่สูง สัตว์เคี้ยวเอื้องจึงใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนไก่และสุกรก็ใช้ประโยชน์ได้น้อยเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะกรดแอมิโนไลซีนจะใช้ประโยชน์ได้ 98.3 เปอร์เซ็นต์และเมทไธโอนีนใช้ประโยชน์ได้เพียง 22.1 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีปัญหายุ่งยากในการใช้ เช่น กากตะกอนน้ำมันปาล์มสด (ไม่ผ่านกระบวนการ) มีอายุการเก็บสั้น ความน่ากินต่ำ มีเถ้าและแร่ธาตุที่เป็นพิษสูง ความแปรปรวนของเถ้า โปรตีน และไขมัน จะค่อนข้างสูง การทำให้แห้งหากใช้ความร้อนสูงจะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหารลดลง

4. เยื่อใยส่วนเปลือก เป็นส่วนของเยื่อใยที่เหลือจากการเอาเนื้อในออกไปแล้ว นำเอาส่วนนี้มาอัดเอาน้ำมันออกมี 2 ชนิด คือ palm press fiber หรือ PPF เป็นส่วนเยื่อใยของเปลือกหุ้มเมล็ด และ palm empty fruit bunch หรือ PEFB เป็นส่วนของเยื่อใยที่เป็นก้อนช่อของผลปาล์ม หรือที่เรียกว่าทะลาย โดยเอาส่วนที่เป็นผลออกไปแล้ว จึงมีเยื่อใยสูง โปรตีนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเยื่อใยสูงและไม่น่ากิน สัตว์เคี้ยวเอื้องกินได้น้อยและย่อยได้ต่ำ

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

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

องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม เป็นส่วนที่ได้จากการกะเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาแยกน้ำมัน กากที่ได้จึงมีแต่เนื้อในเมล็ดปาล์ม ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูงคือ มีโปรตีนรวมประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 50-60 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 60-66 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 40-44 เปอร์เซ็นต์ (ทวีศักดิ์, 2529; สุมิตรา, 2543; สายันต์, 2547) อย่างไรก็ตาม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไปตามวิธีในการสกัดแยกน้ำมัน

ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทั้ง 2 ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ 2 โดยกาก-เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยเกลียวอัดประกอบด้วยวัตถุแห้ง 91.90–94.59 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 13.64–17.49 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 7.72–13.71 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 14.80–21.37 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.30–4.57 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.28–0.70 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.05–0.61 เปอร์เซ็นต์ และให้พลังงานรวม 4.42–5.04 กิโลแคลอรีต่อกรัม ส่วนกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมีประกอบด้วย วัตถุแห้ง 90.30–92.80 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 16.00–21.30 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.80–7.80 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 15.70–17.50 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 4.00–7.91 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.20–0.46 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.68–0.79 เปอร์เซ็นต์ และให้พลังงาน-รวม 3.22 กิโลแคลอรีต่อกรัม จากองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะเห็นได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง และมีโปรตีนปานกลาง สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนในอาหารข้นของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

โภชนะ	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน								
	1*	2*	3*	4*	5*	6**	7**	8**	9**
วัตถุแห้ง	91.90	93.60	92.50	-	94.50	-	92.00	90.30	92.80
โปรตีนรวม	14.40	17.49	15.59	14.46	13.64	16.15	21.30	16.00	18.90
ไขมันรวม	10.20	13.71	11.25	9.21	7.72	0.72	7.80	0.80	-
เยื่อใยรวม	14.80	-	15.17	26.29	21.37	16.03	17.50	15.70	-
เถ้า	3.30	-	4.57	4.53	4.47	7.91	5.00	4.00	5.10
แคลเซียม	0.24	0.16	0.70	0.28	-	0.46	-	0.29	0.20
ฟอสฟอรัส	0.58	0.05	0.61	0.53	-	0.68	-	0.79	0.70
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กรัม)	4.42	-	5.04	-	-	-	-	3.72	-

หมายเหตุ * กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่หีบด้วยเกลียวอัด

** กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยสารเคมี

ที่มา : (1) นิวัติ (2531) (2) สุมิตรา (2543)

(3) ประพจน์ (2543) (4) สมบัติ (2544)

(5) สายันต์ (2547) (6) สมบัติ (2544)

(7) Nwokolo และคณะ (1977) (8) Yeong (1981)

(9) Carvalho และคณะ (2006)

บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด ซึ่งช่วยในการหมักย่อยอาหาร (เทอดชัย, 2540) โดยจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นพวกที่ไม่ต้องการออกซิเจน (obligate anaerobes) แต่อาจมีพวกที่สามารถใช้ออกซิเจนได้ (facultative anaerobes) อย่างไรก็ตาม การมีระดับออกซิเจนสูงเกินไปอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน (เมธา, 2533) จุลินทรีย์เข้ามาอยู่ภายในตัวสัตว์ตั้งแต่อายุประมาณ 6 สัปดาห์ โดยติดมากับน้ำ อาหาร หรือสัมผัสกับสัตว์ใหญ่ ซึ่งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน มี 3 ประเภทหลักๆ (เมธา, 2533) คือ

1. แบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่มีประชากรสูงที่สุดมีประมาณ 1 พันล้านถึง 1 แสนล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน (10^9-10^{11} เซลล์ต่อมิลลิลิตร) มีขนาด 0.30-50 ไมครอน การแบ่งประเภทของแบคทีเรียสามารถแบ่งได้หลายลักษณะ เช่น แบ่งตามการทำงานของแบคทีเรียหรือการใช้ประโยชน์ของอาหาร คือ พวกที่ใช้เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส แป้ง น้ำตาล โปรตีน ไขมัน รวมทั้งพวกที่สร้างมีเทน และสร้างแอมโมเนีย ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดอาจทำหน้าที่ได้หลายอย่าง เช่น *Butyrivibrio fibrisolvens* สามารถย่อยสลายเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคติน ไขมัน และโปรตีนได้

2. โปรโตซัว เป็นจุลินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าแบคทีเรีย (ยาวประมาณ 20-250 ไมโครเมตร) มีจำนวนประมาณ 1 ล้านเซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวจากกระเพาะรูเมน (10^5-10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ *Holotrich spp.* และ *Entodiniomorphs spp.* โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich spp.* จะมีขนาดใหญ่ มีขน (cillia) ปกคลุมอยู่เต็มรอบเซลล์ รูปร่างคล้ายรูปไข่ เคลื่อนไหวได้เร็ว และใช้น้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน ส่วนกลุ่ม *Entodiniomorphs spp.* มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน แต่มีขนหรือพู่เฉพาะส่วนหน้าของลำตัว เพื่อใช้ในการกินอาหารและเคลื่อนไหว กลุ่มนี้จะชอบกินอาหารที่เป็นแป้งมากกว่าน้ำตาล ทั้งนี้ชนิดและปริมาณโปรโตซัวมักแปรผันไปตามอาหารที่สัตว์กิน โดยถ้าให้อาหารข้นสูงจะมีโปรโตซัวมาก โปรโตซัวบางชนิดสามารถย่อยเยื่อใยได้เช่นเดียวกับแบคทีเรียและเชื้อรา โดยทั่วไปโปรโตซัวมักจะอยู่รวมกับแบคทีเรีย นอกจากนี้โปรโตซัวยังกินแบคทีเรีย แป้ง โปรตีน และคลอโรพลาสเป็นอาหารด้วย ซึ่งการกินดังกล่าวมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เพราะมีรายงานว่า โปรโตซัวสามารถเก็บคาร์โบไฮเดรตไว้ในรูปของอะไมโลเพคติน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานในยามขาดแคลนได้ ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นสูง การเก็บแป้งและน้ำตาลไว้ในตัวโปรโตซัวสามารถลดความรุนแรงของการเกิดสภาพกรด (acidosis) ในกระเพาะรูเมนได้ และมีรายงานว่า การกำจัดโปรโตซัว (defaunation) จะทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มขึ้นและการย่อยเยื่อใยได้สูงขึ้น รวมทั้งทำให้สัตว์มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้นด้วย

3. เชื้อรา เป็นจุลินทรีย์ชนิดยูคาริโอตชั้นต่ำที่สามารถพบได้ทั่วไปในกระเพาะ-รูเมน มีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (10^3-10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ซึ่งเชื้อราสามารถสร้างเอนไซม์ย่อยพันธะระหว่างเฮมิเซลลูโลสและลิกนินได้ ทำให้การใช้ประโยชน์จากเยื่อใยดีขึ้นนอกจากนั้น เชื้อรายังมีการสร้างไรซอยด์ (rhizoid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากไม้ โดยไรซอยด์จะแทงทะลุเข้าไปในผนังเซลล์ของพืช ทำให้เซลล์แตกหรือถูกทำลาย ง่ายต่อการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ชนิดอื่น และแบคทีเรียสามารถเข้าไปย่อยเยื่อใยได้ดีขึ้น จึงเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างแบคทีเรียและเชื้อราในการย่อยสลายเยื่อใยในกระเพาะรูเมน

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า ชนิดและสัดส่วนของจุลินทรีย์แต่ละประเภทอาจแปรผันได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ และสภาพแวดล้อมภายในกระเพาะรูเมน เช่น สภาวะความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน เป็นต้น ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สุดต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์ คือ ความเป็นกรด–ด่าง ในช่วง 6.0–7.0 อุณหภูมิ 39–40 องศาเซลเซียส (Van Soest, 1994) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน อยู่ในช่วง 10–30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) ดังนั้นจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ประโยชน์จากจุลินทรีย์โดยจุลินทรีย์หมักย่อยอาหารที่สัตว์กินเข้าไป จนกระทั่งได้ผลผลิตสุดท้าย (end products) ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) ซึ่งการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีรายละเอียดดังนี้

การใช้ประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การเสริมคาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ สำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะ-รูเมนและตัวสัตว์ (Van Soest, 1994) คาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ได้แก่ เซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และเพคติน (pectin) และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) ได้แก่ แป้ง และน้ำตาล และยังรวมถึง อะราแบน (arabans) ฟรุคแตน (fructans) กาแลคแตน (galactans และเบต้ากลูแคน (β-glucans) (เมธา, 2533) คาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ปล่อยออกมาให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เช่น กลูโคส (glucose) หรือเพนโตส (pentose) โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่เกิดขึ้นจะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปอย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์เป็นไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFA) ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย

ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้าย ที่สำคัญได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic, C_3) กรดบิวทิริก (butyric acid, C_4) เป็นหลัก และกรดวาลาริค (valeric acid, C_5) ไอโซวาลาริค (isovaleric acid) และ ไอโซบิวทีริก (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อย ซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งกรดไขมันที่ระเหยง่ายเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญในการให้พลังงานแก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง จากการศึกษาพบว่า น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รองลงมาคือ แป้งและพวกที่เป็นโครงสร้างของเซลล์พืช (เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส) ถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด (เมธา, 2533; บุญล้อม, 2541)

การใช้ประโยชน์ของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

บุญล้อม (2541) กล่าวว่าโปรตีนที่สัตว์ได้รับจากอาหารแบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง คือ โปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) เป็นโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้โดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน สัตว์นำมาใช้ในการสร้างเซลล์และการเจริญเติบโต และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) เป็นโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน โดยจะไหลผ่านไปยังกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก ซึ่งจะถูกน้ำย่อยให้เป็นกรดแอมิโน และสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยแหล่งของโปรตีนส่วนใหญ่ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับจากอาหาร อยู่ในรูปไนโตรเจนที่อยู่ในพืช ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นโปรตีนแท้ (ture protein) และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) ซึ่งมีทั้งสารอินทรีย์ เช่น กรดแอมิโนอิสระ กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เอไมด์ (amide) เอมีน (amine) และยูเรีย และสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ และแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นต้น (เทอดชัย, 2540)

การย่อยและการเมแทบอลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้เป็น เปปไทด์ กรดแอมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะมีการสลายตัวกรดแอมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการดีแอมิแนชั่น (deamination) โดยอาศัยจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และแอลฟา-คีโตแอซิส (α-keto acid) (บุญล้อม,2527) แล้วจุลินทรีย์ หรือตัวสัตว์เองจะนำไปใช้ประโยชน์สังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมธา (2533) กล่าวว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนียส่วนอีก 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้กรดแอมิโนโดยตรง ส่วน แอลฟา-คีโตแอซิส อาจถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งพลังงาน เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก กรดไอโซบิวทิริก และกรดไอโซวาเลอริก เป็นต้น

เสาวนิต (2537) กล่าวว่า ปริมาณแอมโมเนียในของเหลวในกระเพาะรูเมนเป็นตัวกลางบ่งบอกให้ทราบถึงการสลายของโปรตีนและการสังเคราะห์โปรตีน ถ้าโปรตีนถูกสลายอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่จุลินทรีย์จะนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของตัวเองจะทำให้มีแอมโมเนียอยู่ในของเหลวในกระเพาะรูเมนในปริมาณมาก แอมโมเนียจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน (rumen epithelium) เข้าสู่เส้นเลือดฝอย และถูกนำเข้าสู่เส้นเลือดที่กระเพาะรูเมน ส่งไปยังหลอดเลือดดำขนาดใหญ่ที่นำเลือดสู่ตับ จากนั้นตับจะเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นยูเรีย โดยผ่านวัฏจักรยูเรีย (urea cycle) และส่งออกมาในกระแสเลือด ยูเรียส่วนหนึ่งจะถูกขับออกทางปัสสาวะ โดยทั่วไปความเข้มข้นของ ยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10–30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Perdok and Leng, 1990) หากค่ายูเรียในเลือดต่ำกว่านี้ แสดงถึงปริมาณแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนที่ไม่เพียงพอ แสดงให้เห็นว่าโปรตีนในอาหารไม่เพียงพอ แต่หากค่ายูเรียสูงกว่าค่าปกติแสดงว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมากเกินความจำเป็นที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากโปรตีนในอาหารสูงเกินไป ทำให้ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมากขึ้นส่งผลต่อการสังเคราะห์ยูเรียที่ตับเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีค่าสูงกว่าค่าปกติ ซึ่งมีผลเสียต่อสัตว์และสภาพแวดล้อม เนื่องจากต้องสูญเสียพลังงานไปในการกำจัดยูเรียออกจากร่างกาย แทนที่จะนำพลังงานไปใช้เพื่อการสร้างเนื้อและนมหรือกิจกรรมอื่นๆ และยูเรียส่วนเกินที่ขับถ่ายออกนอกร่างกายก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อม (Lewis, 1975)

การใช้ประโยชน์ของไขมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ไขมันและสารที่คล้ายไขมัน ประกอบด้วยธาตุ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เป็นหลัก โมเลกุลของไขมันประกอบด้วยกลีเซอรีน (glycerine) 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล ซึ่งอาจเป็นกรดไขมันชนิดเดียวกันหรือต่างกันได้ ไขมันมีหลายชนิด แล้วแต่ชนิดของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) เช่น กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และ กรดบิวทิริก เป็นต้น และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) เช่น กรดลิโนเลอิก กรดโอเลอิก และกรดลิโนเลนิก เป็นต้น (เสาวนิต, 2537)

เมธา (2533) กล่าวว่า การเติมไขมันในอาหารมีประโยชน์ คือ 1) ช่วยเพิ่มความหนาแน่นของพลังงาน อาจทำให้สัตว์ได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาหารที่มีความหนาแน่นต่ำ 2) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพลังงาน โดยไขมันที่เสริมจะช่วยทำให้สัดส่วนพลังงานและโภชนะอื่นๆ เหมาะสมยิ่งขึ้น 3) ถ้าในสูตรอาหารมีระดับของเมล็ดธัญพืชสูง การเพิ่ม

ระดับการกินได้ของพลังงานที่ย่อยได้โดยการทดแทนแป้งด้วยไขมัน ทั้งนี้จะเป็นการปรับสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นให้เหมาะสม ทำให้การหมักในรูเมนเป็นไปอย่างปกติ และเป็นการเพิ่มระดับไขมันในน้ำนมด้วย แต่การเติมไขมันมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารอาจจะเป็นการลดประสิทธิภาพการย่อยของเซลลูโลสในกระเพาะรูเมน และทำให้มีการสะสมกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อไขมัน นอกจากนั้นยังอาจทำให้เกิดท้องอืด และเกิดผิดปกติในกระเพาะรูเมน (Church, 1979 อ้างโดย เมธา, 2533) เนื่องจาก 1) ไขมันไปเคลือบเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยยาก 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นผลให้จุลินทรีย์ทำงานลดลง 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ลดลง 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกิริยากับธาตุที่มี ประจุบวก (cation) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (isoluble complex) ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถนำธาตุที่มีประจุบวก ไปใช้ประโยชน์ได้ จึงทำให้การย่อยได้ลดลง (Devendra and Lewis, 1974)

เทอดชัย (2540) กล่าวว่า โดยปกติสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับไขมันจากอาหารไม่สูงนัก เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีไขมันค่อนข้างต่ำ อย่างไรก็ตาม ในกระเพาะรูเมนจะมีกระบวนเมแทบอลิซึมของไขมันอยู่ 2 กระบวนการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการเมแทบอลิซึมของไขมันที่สัตว์ได้รับจากอาหารโดย จุลินทรีย์ และกระบวนการสังเคราะห์ไขมันในตัวของจุลินทรีย์ แต่จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากไขมันในขอบเขตที่จำกัด เนื่องจากการนำเอากรดไขมันที่ได้ไปใช้เป็นพลังงาน หรือนำไปสังเคราะห์ไขมันในตัวจุลินทรีย์เองเกิดขึ้นน้อยมาก กระบวนการเมแทบอลิซึมไขมันโดยจุลินทรีย์สามารถแบ่งได้ดังนี้ (เทอดชัย, 2540)

1. ไฮโดรไลซีส (hydrolysis) พวกกาแลคโตลิพิด (galactolipids) ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) และฟอสโฟลิพิด (phospholipids) ที่เป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ของไขมันจะผ่านกระบวนการไฮโดรไลซีสโดยเอนไซม์ที่ผลิตจากแบคทีเรียชนิด lipolytic bacteria ปล่อยกาแลคโตส (galactose) กลีเซอรอล และกรดไขมัน (fatty acid) ออกมาซึ่งกาแลคโตสและ กลีเซอรอลจะถูกหมักต่อไปและเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย ที่ประกอบด้วยกรดโพรพิออนิก และมีกรดแอซิติก และกรดบิวทิริกอยู่บ้างเล็กน้อย ส่วนโปรโตซัว พบว่าไม่สามารถผลิตเอนไซม์ที่ทำให้เกิดไฮโดรไลซีสได้ กระบวนการไฮโดรไลซีสนี้จะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วหลังจากสัตว์ได้รับอาหาร แต่การไฮโดรไลซีสนี้ไม่ได้ทำให้มันแตกตัวเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันได้หมดสมบูรณ์ ยังคงมีโมโนกลีเซอรอล (monoglycerol) และไดกลีเซอรอล (diglycerol) เหลืออยู่บ้างเล็กน้อย

2. ไฮโดรจีเนชั่น (hydrogenation) เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและโปรโตซัว ในกระบวนการนี้กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) จะถูกไฮโดรเจนที่ได้จากการหมักทำให้เป็นกรดไขมันที่อิ่มตัว ซึ่งกรดไขมันจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อ และไขมันนม การไฮโดร-

จีเนชั่นนี้ไม่ได้เกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทุกชนิด และพันธะคู่ทุกแห่ง ที่มีอยู่ในกรดไขมันทำให้ยังคงที่ และยังหลงเหลืออยู่บ้างขึ้นอยู่กับไขมันแต่ละชนิด ซึ่งเป็นวิธีการเปลี่ยนกรดไขมันจากตัวหนึ่งไปเป็นอีกตัวหนึ่ง ผลจากไฮโดรจีเนชั่นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งทาง geometrical isomer (cis-trans) ได้เรียกว่า isomerization โดยที่ปกติกรดไขมันจากพืชที่อยู่ในตำแหน่ง cis ถูกเปลี่ยนไปเป็นตำแหน่ง trans ที่มีความคงตัวสูงและมีจุด melting point สูงกว่ากรดไขมันที่ตำแหน่ง cis ซึ่งกรดไขมันที่อยู่ในรูป trans นี้จะถูกดูดซึมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของไขมันในร่างกายสัตว์ มีผลทำให้กรดไขมันของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุด melting point ค่อนข้างสูง และสูงกว่ากรดไขมันของสัตว์กระเพาะเดี่ยวที่มีจุด melting point ต่ำ

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

การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารแพะ

พิชัย (2534) ได้ทำการศึกษาการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารพื้นฐานในแพะลูกผสมเพศผู้ตอนหลังหย่านม เสริมด้วยอาหารข้นซึ่งมีส่วนประกอบของกากปาล์ม-น้ำมัน 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อมีการเพิ่มระดับของกากปาล์มน้ำมันในอาหารข้นคือ 63.35, 63.52, 61.89 และ 61.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนอัตราการเจริญเติบโตของแพะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือ 24.7, 20.20, 22.60 และ 18.60 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักซาก พบว่า การให้ฟางข้าวหมักยูเรีย และเสริมด้วยอาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมัน 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 7.90, 7.30, 7.10 และ 6.20 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ซากตัดแต่งมีค่า 46.00, 45.70, 45.40 และ 45.60 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมีชีวิต ตามลำดับ และมีสัดส่วนเนื้อ : กระดูก เป็น 2.5, 2.2, 2.1 และ 2.1 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า แพะที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 5

เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารพื้นฐานเสริมด้วยอาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ มีปริมาณวัตถุ-แห้งที่กินได้ อัตราการเจริญเติบโต และเปอร์เซ็นต์ซากใกล้เคียงกันกับแพะที่ได้รับฟางหมักเสริมด้วยอาหารข้นที่ไม่มีกากปาล์มน้ำมัน 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 ดังนั้นในการเลี้ยงแพะลูกผสมหลังหย่านมโดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารหยาบหลัก จึงแนะนำให้ใช้อาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร เนื่องจากมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมกากปาล์มน้ำมันระดับอื่นๆ ในอาหารข้น แต่ใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่มีกากปาล์มน้ำมัน และใช้ต้นทุนต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่มีกากปาล์มน้ำมัน 2.57 บาท ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่เศรษฐกิจพบว่ามีความเหมาะสมที่สุด

สุมิตรา (2543) ศึกษาการใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ หมักด้วยยูเรีย เลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน พบว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 30 เปอร์เซ็นต์ หมักด้วยยูเรีย มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน สูงสุดเท่ากับ 62.02 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่าง (P>0.05) จากที่ระดับ 0, 15, และ 45 เปอร์เซ็นต์ (47.48, 49.33 และ 57.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ส่งผลให้ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้สูงกว่าทุกระดับอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01) (557.00 เทียบกับ 350.64, 411.21 และ 357.53 กรัมต่อวัน ที่ระดับ 0, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนการเปลี่ยนแปลงในกระเพาะ-รูเมน พบว่า การเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 30 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นระดับที่เหมาะสมที่ใช้เสริมในเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเพื่อปรับปรุงเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ

สายันต์ (2547) ศึกษาการใช้เศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์ เสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะลูกผสม (พันธุ์พื้นเมืองไทย x พันธุ์แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) เพศผู้เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว โดยแพะได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์อย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือ 370.17, 370.56, 373.08, 350.41 และ 319.62 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกาก-เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 29.78 และ

27.56 กรัมต่อตัวต่อวัน (P>0.05) ตามลำดับ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 24.00, 19.72 และ 18.00 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ (P<0.05) สำหรับต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม เท่ากับ 35.46, 37.31, 41.50, 45.44 และ 41.04 บาท ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลตอบแทนโดยคิดต้นทุนรวมพบว่า แพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลร่วมกับอาหารข้นที่ไม่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันให้ผลตอบแทนสูงสุด คือ 118.79 บาทต่อตัว ส่วนแพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลร่วมกับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลตอบแทนเท่ากับ 106.22, 83.65, 62.46 และ 63.66 บาทต่อตัว ตามลำดับ ดังนั้นการนำเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6 เปอร์เซ็นต์เสริมกากน้ำตาล มาใช้เป็นอาหารหยาบพื้นฐานในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแอง x โกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้หลังหย่านม เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนั้น ควรใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

จากการรวบรวมเอกสารจะเห็นได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบในอาหารแพะได้ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม รายงานผลการวิจัยที่เกี่ยวกับ ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นต่อ กระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน ที่เลี้ยงในภาคใต้ยังมีจำกัด จึงควรมีการศึกษาวิจัยในประเด็นดังกล่าวเพิ่มเติม อีกทั้งควรศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ซึ่งจะส่งผลให้สามารถผลิตสัตว์ได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำลงเป็นผลดีต่อเกษตรกร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารต่อปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของแพะ
2. เพื่อศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนของแพะ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุ และอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน เพศผู้ อายุเฉลี่ยประมาณ 15-16 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว
2. โรงเรือนเลี้ยงแพะและกรงสำหรับการทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (metabolism cages) รางอาหาร และภาชนะใส่น้ำ
3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ประกอบด้วย ข้าวโพดป่น กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมัน เกลือ และไดแคลเซียมฟอสเฟต เป็นต้น
4. แร่ธาตุและวิตามินผสม
5. ยาถ่ายพยาธิภายนอกและภายในได้แก่ ไอเวอร์เมกติน, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย)
6. วิตามินเอดีอี (AD_3E) บริษัท Woerden-Holland-P.O.B. 78
7. เครื่องชั่งอาหาร
8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ เช่น ถังพลาสติก ขวดพลาสติก ผ้าขาวบาง เครื่องชั่ง ถุงพลาสติก และยาง
9. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหาร เช่น ขวดแก้ว ถุงพลาสติก และยาง
10. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างเลือด เช่น เข็มฉีดยา สำลี และหลอดพลาสติก ปริมาตร 4 มิลลิลิตร
11. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้แก่ บิกเกอร์ ขวดพลาสติก เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ยี่ห้อ HANNA instruments (HI 98153 microcomputer pH meter) กระบอกตวง stomach tube และ vacuum pump
12. เครื่องชั่งน้ำหนักแพะ
13. อุปกรณ์ในการนับจำนวนจุลินทรีย์โดยวิธีนับตรง ได้แก่ กล้องจุลทรรศน์ (กำลังขยาย 10x, 20x, และ 40x) ที่กดนับเม็ดเลือด และ hematocytometer

14. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (proximate analysis)
15. สารเคมีและเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี detergent method
16. ตู้อบ (hot air oven) ยี้ห้อ Binder รุ่น FED 720
17. เครื่องบด (Willy mill) ยี่ห้อ Dietz
18. เครื่องปั่นเหวี่ยงยี่ห้อ Hermel Z 230
19. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด และแปรงถูพื้น

วิธีการทดลอง

1. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

1.1 อาหารหยาบ

ใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์จังหวัดสตูล เป็นอาหารหยาบหลัก โดยให้สัตว์กินแบบเต็มที่ (*ad libitum*)

1.2 อาหารข้น

อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยอาหาร 5 สูตร โดยใช้กากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารในระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) อาหารข้นทั้ง 5 สูตรมีระดับโภชนะต่างๆ ตามคำแนะนำของ NRC (1981)

ตารางที่ 3 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)				
	15	**25**	**35**	**45**	**55**
ข้าวโพดบด	60.00	58.36	50.41	42.24	28.80
รำอ่อน	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
กากถั่วเหลือง	15.54	5.64	2.89	0.17	-
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	15.00	25.00	35.00	45.00	55.00
ยูเรีย	-	1.00	1.10	1.20	1.20
กากน้ำตาล	1.46	2.00	2.00	2.00	5.00
เกลือ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
แร่ธาตุ และวิตามินผสม[1]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำมันพืช	-	-	0.60	1.38	2.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
โภชนะโดยการคำนวณ[2]					
โปรตีน(เปอร์เซ็นต์)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)	80.88	79.21	79.00	79.00	79.00
ราคา (บาท/กก)[3]	11.18	10.31	10.10	9.94	9.93

หมายเหตุ:

[1]ประกอบด้วย วิตามินเอ 2.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินดี 3 0.50 ล้านหน่วยสากล วิตามินอี 8,000 หน่วยสากล โคบอลต์ 0.08 กรัม ซีลีเนียม 0.08 กรัม ไอโอดีน 0.34 กรัม ทองแดง 4.00 กรัม แมงกานีส 17.00 กรัม สังกะสี 23.00 กรัม เหล็ก 27.00 กรัม โปแทสเซียม 31.00 กรัม และแมกนีเซียม 35.00 กรัม

[2]คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ของกรมปศุสัตว์ (2547)

[3]กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม 6.80 บาท/กิโลกรัม กากน้ำตาล 10.00 บาท/กิโลกรัม เกลือ 6.77 บาท/กิโลกรัม ไดแคลเซียมฟอสเฟต 7.20 บาท/กิโลกรัม แร่ธาตุและวิตามินผสม 80 บาท/กิโลกรัม น้ำมันพืช 37.50 บาท/กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 17.00 บาท/กิโลกรัม ข้าวโพดบด 9.60 บาท/กิโลกรัม ยูเรีย 14 บาท/กิโลกรัม รำอ่อน 10.50 บาท/กิโลกรัม (ราคาวัตถุดิบที่สั่งซื้อโดยโรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ณ วันที่ 25 มกราคม 2552)

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน เพศผู้ อายุเฉลี่ย 15-16 เดือน และมีน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำเข้าการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอก และพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติก, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย) ขนาด 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม และฉีดวัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อยและคอบวม แพะทุกตัวได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ร่วมกับอาหารข้นในระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลา 30 วัน เพื่อปรับให้แพะทุกตัวมีสภาพร่างกายที่ใกล้เคียงกัน

3. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 5 × 5 จัตุรัสลาติน (5 × 5 Latin squares design) โดยมีทรีทเมนต์ (treatment) คือ อาหารข้นสูตรต่างๆ และใช้หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหยาบหลัก ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ระดับ 35 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 5 อาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์

โดยสุ่มให้แพะแต่ละตัวได้รับอาหารที่กำหนด ในการทดลองได้แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 5 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงในเวลา 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 14 วัน และระยะเก็บข้อมูล 7 วัน รวมระยะเวลาทั้งหมด 105 วัน แผนผังการทดลองและการเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 4

4. วิธีการทดลอง

4.1 การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

4.1.1 ระยะปรับตัว (adaptation period) เป็นช่วงให้สัตว์มีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลอง และอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริงใช้ระยะเวลา 14 วัน ทำการสุ่มแพะทดลองตาม

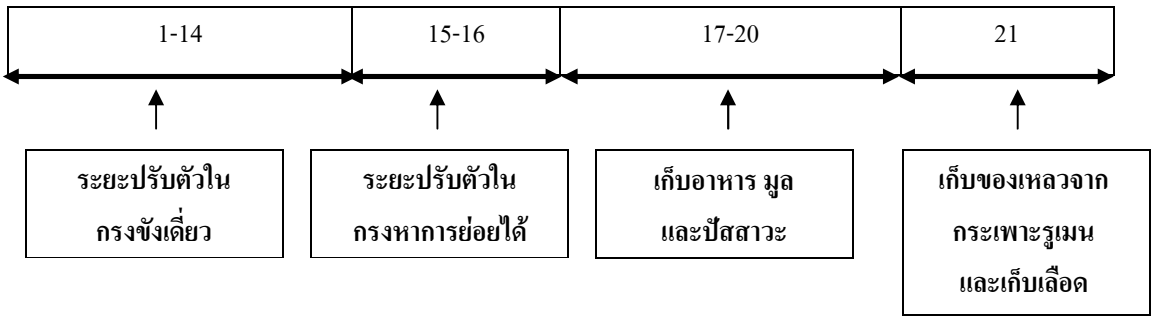
แผนการทดลองแบบ 5×5 จัตุรัสลาติน โดยแพะแต่ละตัวอยู่ในกรงขังเดี่ยว มีรางอาหารหยาบอยู่ด้านหน้า รางอาหารข้นและรางน้ำอยู่ด้านในคอก จัดให้มีน้ำดื่มตลอดเวลา ให้แพะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และให้อาหารหยาบแบบเต็มที่ทุกกลุ่มทดลอง ทำการวัดปริมาณอาหารที่กินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake) ในแต่ละวัน โดยชั่งอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือในช่วงเช้าของวันถัดไป

4.1.2 ระยะการทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 7 วัน โดยสัตว์ทดลองอยู่บนกรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolism cages) ให้แพะได้รับอาหารวันละ 2 ครั้ง คือ 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา ให้อาหารข้นคิดเป็นวัตถุแห้งในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และให้อาหารหยาบเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงปรับตัวเพื่อให้สัตว์กินอาหารหมด โดยในช่วง 2 วันแรก ทำการปรับตัวสัตว์ให้คุ้นเคยกับกรงทดลอง และในช่วง 5 วัน สุดท้ายทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะ ติดต่อกัน 5 วัน และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) และตัวอย่างเลือดในวันสุดท้ายของการทดลอง

ตารางที่ 4 แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาการทดลอง	**แพะทดลอง**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ระยะที่ 1	A	B	E	D	C
ระยะที่ 2	B	A	D	C	E
ระยะที่ 3	D	C	A	E	B
ระยะที่ 4	C	E	B	A	D
ระยะที่ 5	E	D	C	B	A

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



ภาพที่ 4 ระยะทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

4.2 การเก็บตัวอย่างและการเก็บข้อมูล

4.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร และการหาปริมาณการกินได้

4.2.1.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร ทำการเก็บตัวอย่างอาหารหยาบในแต่ระยะการทดลองและตัวอย่างอาหารข้นทุกๆ ครั้งที่ทำการผสมอาหาร โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนๆ ละ 500 กรัม ดังนี้

ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักและนำมาอบที่อุณภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24–48 ชั่วโมง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งและนำมาปรับปริมาณอาหารที่ให้สัตว์กิน

ส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.2.1.2 บันทึกปริมาณการกินได้ของหญ้าแห้งและอาหารข้น โดยทำการชั่งน้ำหนัก และบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน

4.2.2 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

ชั่งและบันทึกน้ำหนักมูลที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวันในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ทำการคลุกมูลทุกส่วนให้เข้ากันและแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

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

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บไว้ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และเก็บใส่ถุงไว้ ทำเช่นนี้จนครบ 5 วัน นำมูลทั้งหมดมาคลุกให้เข้ากัน ทำการสุ่มเก็บอีกครั้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคำนวณหาค่าการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder และ Flatt (1975)

4.2.3 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

บันทึกปริมาตรปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดของแพะแต่ละตัวในแต่ละวันในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร โดยใช้ถังพลาสติกที่เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด (pH < 3) ป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (เมธา, 2533) จดบันทึกปริมาตรปัสสาวะทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันและทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสจนครบ 5 วัน แล้วจึงนำตัวอย่างปัสสาวะของแพะแต่ละตัวทั้ง 5 วันมารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด เก็บใส่ขวดพลาสติกนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (AOAC, 1990)

4.2.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid)

สุ่มตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของระยะทดลอง สุ่มเก็บปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันที หลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บปริมาตร 60 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติม 1 โมลาร์ H_2SO_4 จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนใส (supernatant) เก็บไว้ประมาณ 30 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกแล้วนำไปเก็บไว้ในตู้แช่-แข็ง อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทิริก (butyric acid, C_4) เป็นต้น

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตรที่บรรจุฟอร์มาลิน (formalin) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10 % fomalin solution in 0.9 % normal saline) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยวิธีนับตรง (total direct count) ตามวิธีการของ Galyean (1989)

4.2.5 การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของการเก็บข้อมูล จากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vain) แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่

1 เก็บปริมาตร 3 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ส่วนที่ 2 เก็บปริมาตร 2 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (pack cell volumn, PCV) และส่วนที่ 3 เก็บปริมาตร 1 มิลลิลิตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด

4.2.6 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลองคือ ก่อนเข้างานทดลอง หลังจากปรับสัตว์ และหลังจากสิ้นสุดการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง ทำการจดบันทึกเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

4.2.7 การคำนวณหา สัมประสิทธ์การย่อยได้ของโภชนะ ปริมาปริมาณโภชนะที่ได้รับ (digestible nutrient intake) โภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) และ สมดุลของไนโตรเจน โดยใช้สูตรดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

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

ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (กิโลกรัม/วัน)

= สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ x ปริมาณโภชนะที่ได้รับ

โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)

$$TDN = DCP + DCF + DNFE + (2.25 \times DEE)$$

เมื่อ DCP = โปรตีนรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DDF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DNFE = ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

สมดุลไนโตรเจน (กรัม/วัน)

= ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน (กรัม/วัน) - (ปริมาณไนโตรเจนในมูล (กรัม/วัน) + ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ในปัสสาวะ (กรัม/วัน))

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าแห้ง อาหารข้น และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ดัดแปลงตามวิธีการของ Goering และ Van Soest (1970) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยการกลั่น ตามวิธีการของ Bermner และ Keeney (1965)

การวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่าย ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาสงขลา อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยใช้ Gas Chromatography Agilent 6890n คอลัมน์ DB-FFAP ขนาดยาว 30 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร หนา 0.25 ไมโครเมตร โดยดัดแปลงวิธีการวิเคราะห์ตามวิธีของ Josefa และคณะ (1999)

สำหรับการวิเคราะห์หาระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และระดับกลูโคสในเลือด ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่คลินิกหาดใหญ่แล็บ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัด สงขลา โดยทั้งนี้การวิเคราะห์หาระดับยูเรีย–ไนโตรเจนในกระแสเลือด ใช้วิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor ของบริษัท Diagnostic ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน การวิเคราะห์ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดใช้วิธี GOD-PAP method โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Glucose Liquicolor ของบริษัท Human ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน ส่วนการวิเคราะห์ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นใช้วิธีการ Centrifuge (Heamatocrit 24)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณอาหารที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น และความเข้มข้นของกลูโคสในเลือด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 5 × 5 จัตุรัสลาติน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1981) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์โดยวิธี Orthogonal polynomial

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ และหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งมีวัตถุแห้ง 92.16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 91.72 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 3.04 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.21 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8.28 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 41.72 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 6.28 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 46.76 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 82.19 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 54.01 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 8.84 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 28.19 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 45.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า พลิแคททูลั่มแห้งในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ลินดา (2551) และขวัญชนก (2552) ที่รายงานว่า หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่อายุการตัด 70 วัน ที่ผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.01–92.88 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 1.47–3.62 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.23–0.74 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.12–7.99 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 81.38–87.45 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 50.02–56.10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากเป็นหญ้าที่ตัดเมื่ออายุ 70 วัน และผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว อีกทั้งยังมีส่วนของก้านมากกว่าใบ จึงส่งผลให้ระดับของโปรตีนต่ำ และเยื่อใยสูง นิวัติ (2543) กล่าวว่าคุณค่าของพืชอาหารสัตว์จะเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ฤดูกาล ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ และชนิดของพืช ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกองทางเคมีที่แตกต่างกัน ปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยพบว่า พืชที่แก่จะมีปริมาณของโปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟอรัสลดลง และมีเยื่อใยรวม เซลลูโลส และลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างลำต้นและใบ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืชเป็นต้น

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน พบว่ามีวัตถุแห้ง 95.90 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 96.10 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 14.20 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 9.40 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3.90 เปอร์เซ็นต์

ไนโตรเจน-ฟรีเอกซ์แทรก 44.82 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 3.63 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 27.68 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 68.87 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.68 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 14.73 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 16.19 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 37.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบของโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด พันธุ์ปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการสวนปาล์ม สภาพแวดล้อม กรรมวิธีในการสกัดแยกน้ำมัน โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด จะยังคงมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 5–10 เปอร์เซ็นต์ (จินดา, 2548) ดังนั้นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีไขมันรวม 9.40 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบด้วยน้ำมันด้วยเกลียวอัด อย่างไร ก็ตาม โปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ นิวัต (2531) และสมบัติ (2544) ที่รายงานว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดน้ำมันปาล์มโดยวิธีหีบโดยเกลียวอัด มีโปรตีนรวม 14.40 และ 14.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ต่ำกว่ารายงานของ สุมิตรา (2543) และประพจน์ (2543) ที่พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัด มีโปรตีนรวม 17.49 และ 15.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันไขมันรวมในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่ารายงานของ สุมิตรา (2543) และประพจน์ (2543) ที่พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัดมีไขมันรวม 13.71 และ 11.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่เยื่อใยรวมในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่ารายงานของนิวัต (2531) และประพจน์ (2543) ที่พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัดมีเยื่อใยรวม 14.80 และ 15.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ พบว่า วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม เถ้า ไขมันรวม เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างมีค่าอยู่ในช่วง 88.54–88.88 เปอร์เซ็นต์ 93.59–94.57 เปอร์เซ็นต์ 15.48–15.89 เปอร์เซ็นต์ 5.43–6.41 เปอร์เซ็นต์ 3.22–7.80 เปอร์เซ็นต์ 8.77–16.11 เปอร์เซ็นต์ 31.79–51.19 เปอร์เซ็นต์ 13.29–32.72 เปอร์เซ็นต์ 4.72–11.05 เปอร์เซ็นต์ 55.49–60.99 เปอร์เซ็นต์ และ 19.04–43.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์ไขมันรวม เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในสูตรอาหารมีองค์ประกอบของ ไขมันรวม และเยื่อใยสูง (9.40 และ 27.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุโปรตีนรวม และเถ้าในอาหารข้นแต่ละสูตรพบว่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมี ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					หญ้าพลิ-แคททูลั่มแห้ง	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
	15	25	35	45	55		
วัตถุแห้ง	88.54	88.61	88.73	88.88	88.78	92.16	95.90
เถ้า	5.74	5.43	5.46	5.75	6.41	8.28	3.90
อินทรียวัตถุ	94.26	94.57	94.54	94.25	93.59	91.72	96.10
โปรตีนรวม	15.89	15.76	15.83	15.48	15.56	3.04	14.20
ไขมันรวม	3.22	4.19	4.82	6.74	7.80	0.21	9.40
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[1/]	60.99	59.07	57.54	57.78	55.49	41.72	44.82
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[2/]	43.36	36.96	33.03	24.44	19.04	6.28	3.63
เยื่อใยรวม	8.77	11.54	12.98	14.29	16.11	46.76	27.68
ผนังเซลล์	31.79	37.66	40.86	47.59	51.19	82.19	68.87
ลิกโนเซลลูโลส	13.29	18.69	22.63	28.37	32.72	54.01	52.68
ลิกนิน	4.72	6.28	8.20	9.32	11.05	8.84	14.73
เฮมิเซลลูโลส[3/]	18.50	18.97	18.23	19.22	18.47	28.19	16.19
เซลลูโลส [4/]	8.57	12.41	14.43	19.05	21.67	45.17	37.95

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

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

[3/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

[4/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า แพะทั้ง 6 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.232–0.299 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.88–1.09 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 19.93 – 24.76 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก แม้ว่าคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก มีแนวโน้มลดลงในรูปโค้งกำลังสอง (quadratic) (Q, P=0.08 และ.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยปริมาณการกินได้ของอาหารข้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.504 – 0.530 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 1.88–1.94 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 42.98–44.24 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนัก-เมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ทำนองเดียวกันปริมาณการกินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มแห้งและอาหารข้น) ของแพะทั้ง 5 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0. 748–0.829 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 2.79–3.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 63.30–68.56 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อ-วัน แม้ว่าเมื่อคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก จะมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (quadratic) (Q, P=0.06 และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ สายันต์ (2547) ที่พบว่า แพะพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล มีปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (370.17, 370.56, 373.08, 350.41 และ 319.62 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) (P>0.05) แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นได้โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ อย่างไรก็ตามการใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วยกาก-เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 , 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์เสริมให้กับแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งในการศึกษาครั้งนี้ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของแพะลดลง โดยแพะทั้ง 5 กลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มในระยะ 21 วันของการทดลอง เท่ากับ 1.26, 1.05, 0.84, 1.47 และ 0.63 กิโลกรัมตามลำดับ (P>0.05) และมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.06, 0.05, 0.04, 0.07 และ 0.03 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ (P>0.05)

ตารางที่ 6 ปริมาณอาหารที่กินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
หญ้าแห้ง								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.256	0.299	0.294	0.244	0.232	0.03	0.29	0.18
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	0.94	1.08	1.09	0.92	0.88	0.08	0.26	0.08
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก	21.50	24.76	24.91	20.76	19.93	1.55	0.001	0.03
อาหารข้น								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.512	0.530	0.514	0.504	0.508	0.01	0.76	0.86
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.88	1.94	1.92	1.88	1.90	0.03	0.97	0.55
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก	42.98	44.24	43.65	42.78	43.37	0.46	0.82	0.65
ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.768	0.829	0.808	0.748	0.740	0.03	0.45	0.41
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	2.83	3.02	3.02	2.80	2.79	0.09	0.30	0.06
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก	64.47	68.99	68.56	63.54	63.30	1.97	0.28	0.10
น้ำหนักเพิ่มในระยะเวลา 21 วัน (กิโลกรัม)	1.26	1.05	0.84	1.47	0.63	0.01	0.13	0.93
การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว (กิโลกรัมต่อวัน)	0.06	0.05	0.04	0.07	0.03	0.01	0.13	0.93

[1/] L = linear, Q = quadratic

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ปริมาณโภชนะที่กินได้

ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ (0.717, 0.775, 0.755 และ 0.699 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.688 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (0.094 และ 0.094 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.085 และ 0.086 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ (0.373 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.445, 0.452, 0.441 และ 0.451 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนองเดียวกัน ปริมาณการกินได้ของลิกโนเซลลูโลสของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ (0.206 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.260, 0.275, 0.275 และ 0.291 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, $P=0.01$)

ตารางที่ 7 ปริมาณโภชนะที่กินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
อินทรียวัตถุ								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.717[ab]	0.775[a]	0.775[ab]	0.699[ab]	0.688[b]	0.02	0.43	0.39
โปรตีนรวม								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.094[a]	0.094[a]	0.090[ab]	0.085[b]	0.086[b]	0.001	0.15	0.99
ผนังเซลล์								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.373[b]	0.445[a]	0.452[a]	0.441[a]	0.451[a]	0.02	0.19	0.29
ลิกโนเซลลูโลส								
กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	0.206[b]	0.260[a]	0.275[a]	0.275	0.291[a]	0.01	0.01	0.26

[1/] L = linear, Q = quadratic

[a,b,c]ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.005) ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นในระดับสูงขึ้น ส่งผลให้อาหารมีไขมันรวมสูงขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารจึงอาจมีผลต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างสูง การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง จึงมีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถูกย่อยและสลายตัวได้เร็วในกระเพาะรูเมน

(Church, 1979) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นที่ระดับสูง จึงอาจมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง สอดคล้องกับสายันต์ (2547) ที่รายงานว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารข้นลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกัน พิชัย (2534) รายงานว่า การเสริมอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลง ($P<0.05$)

สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (69.28, 72.83 และ 70.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (63.64 และ 58.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมลดลงในรูปเส้นตรง (L, $P=0.001$) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสลดลงในรูปเส้นตรง (L, $P=0.006$ และ 0.05 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นในระดับสูงขึ้น ส่งผลให้อาหารมีเปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้การย่อยได้ของผนังเซลล์และ ลิกโนเซลลูโลสลดลง เนื่องจาก ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wannapat, 1992) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นก็ส่งผลให้การย่อยได้ต่ำลงเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ 2)ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิดเป็นผลให้ประชากรจุลินทรีย์ ลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวไปทำปฏิกิริยากับธาตุที่มีประจุบวก (cation) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (insoluble complex) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวนธาตุที่มีประจุบวก ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนทำให้การย่อยได้ลดลง (Devendra and Lewis, 1974)

เมื่อพิจารณาโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (79.16 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (68.97 และ 65.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้

โภชนะที่ย่อยได้รวมลดลงในรูปเส้นตรง (L, P=0.02) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง มีเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะของสัตว์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ สายันต์ (2547) ที่พบว่าแพะลูกผสมพื้นเมือง x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล มีโภชนะที่ย่อยได้รวม 91.44 และ 87.05 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล ซึ่งมีโภชนะที่ย่อยได้รวม 78.23, 72.55 และ 75.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 8 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)								
วัตถุแห้ง	72.11^{ab}	75.62^{a}	72.11^{ab}	68.27^{bc}	63.77^{c}	1.71	0.005	0.11
อินทรียวัตถุ	73.48^{ab}	76.78^{a}	74.62^{ab}	69.97^{bc}	65.72^{c}	1.62	0.005	0.09
โปรตีนรวม	69.28^{a}	72.83^{a}	70.18^{a}	63.64^{b}	58.73^{c}	1.55	0.001	0.03
ไขมัน	79.61^{b}	87.87^{a}	88.04^{a}	91.05^{a}	90.14^{a}	1.26	0.001	0.06
ผนังเซลล์	64.00^{a}	69.96^{a}	66.18^{a}	63.73^{a}	57.48^{b}	2.01	0.06	0.05
ลิกโนเซลลูโลส	54.32^{abc}	62.17^{a}	58.56^{ab}	52.32^{bc}	48.05^{c}	2.47	0.05	0.04
โภชนะที่ย่อยได้รวม[2]	75.63^{ab}	79.16^{a}	73.99^{ab}	68.97^{bc}	65.50^{c}	0.001	0.02	0.20

[1/] L = linear, Q = quadratic

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ เปอร์เซ็นต์ (0.601 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.528 และ 0.453 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ มีค่าลดลงในรูปเส้นตรง (P, L=0.001) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น โดยแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ (0.054 และ 0.050 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (0.065 และ 0.069 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และโปรตีนของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ด้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ

ปริมาณผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ เท่ากับ 0.319 และ 0.167 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ เท่ากับ 0.238 และ 0.112 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าที่ระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (2.28 เมกะแคลอรีต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (1.86 และ 1.72 เมกะแคลอรีต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทำนอง

เดียวกันเมื่อคิดในหน่วย เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (2.61 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (2.48 และ 2.32 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับมีแนวโน้มลดลงในรูปเส้นตรง (L, $P=0.004$) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ ของอินทรียวัตถุของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับเพียงพอกับความต้องการของแพะน้ำหนัก 20 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เฉลี่ย 1.32 เมกะแคลอรีต่อวัน (NRC, 1981)

ตารางที่ 9 ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/ตัว/วัน)								
อินทรียวัตถุ	0.528^{ab}	0.601^{a}	0.561^{ab}	0.490^{bc}	0.453^{c}	0.03	0.11	0.19
โปรตีนรวม	0.065^{ab}	0.069^{a}	0.063^{b}	0.054^{c}	0.050^{c}	0.001	0.01	0.33
ผนังเซลล์	0.238^{b}	0.319^{a}	0.303^{ab}	0.282^{ab}	0.260^{ab}	0.01	0.95	0.11
ลิกโนเซลลูโลส	0.112^{b}	0.167^{a}	0.164^{a}	0.145^{ab}	0.139^{ab}	0.01	0.62	0.08
การประเมินพลังงานที่กินได้[2]								
เมกะแคลอรี/วัน	2.05^{ab}	2.28^{a}	2.13^{ab}	1.86^{bc}	1.72^{c}	0.08	0.11	0.19
เมกะแคลอรี/กิโลกรัม	2.61^{ab}	2.74^{a}	2.62^{ab}	2.48^{bc}	2.32^{c}	0.06	0.004	0.05

[1/] L = linear, Q = quadratic

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

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด–ด่าง และความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจน ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบกาก-เนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 10 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 39.1-39.8 องศาเซลเซียส และค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 39.3–39.5 องศา-เซลเซียส ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และเป็นอุณหภูมิ ที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (39–40 องศาเซลเซียส) (Van Soest, 1994)

ค่าความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 6.61-6.78 ส่วนความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 6.18–6.31 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 6.22–6.53 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรด–ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับที่ปกติ โดย Van Soest (1994) รายงานว่า ระดับความเป็น กรด-ด่างในของเหลวในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์อยู่ระหว่าง 6.0–7.0 ทั้งนี้ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยอยู่ระหว่าง 6.5–6.8 (Grant and Mertens, 1992) ในขณะที่ระดับความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายโปรตีนอยู่ระหว่าง 5.5–7.0 (Kopency and Wallace, 1982) แสดงให้เห็นว่า การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม-น้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนของแพะ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงเวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อาจเนื่องจากภายหลังจากที่สัตว์ได้รับอาหารมีกระบวนการหมักย่อยอาหารเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่าย ซึ่งสามารถละลายน้ำและมีคุณสมบัติในการจับและปล่อยโปรตอน (H^+) ได้ (Forbes and France, 1993) จึงทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนลดลง

ตารางที่ 10 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด–ด่าง และแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	39.1	39.3	39.4	39.2	39.2	0.33	0.91	0.54
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	39.8	39.7	39.5	39.4	39.7	0.23	0.52	0.32
เฉลี่ย	39.4	39.5	39.4	39.3	39.4	0.16	0.83	0.23
ค่าความเป็นกรด-ด่าง								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	6.74	6.78	6.61	6.65	6.66	0.09	0.45	0.74
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	6.31	6.20	6.21	6.18	6.18	0.04	0.33	0.60
เฉลี่ย	6.53	6.49	6.41	6.22	6.42	0.10	0.15	0.35
แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	18.57	17.43	14.86	17.43	16.29	1.18	0.44	0.46
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	14.86	16.00	14.00	14.29	12.00	1.48	0.16	0.45
เฉลี่ย	16.71	16.71	14.43	15.86	14.14	1.13	0.23	0.96

[1/] L = linear, Q = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแพะทั้ง 5 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 14.86–18.57 และ 12.00–16.00 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 2 ช่วงเวลาเท่ากับ 14.14–16.71 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตาม แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแพะทั้ง 5 กลุ่มในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ โดย Perdok และ Leng (1990) รายงานว่าระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10–30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ และสอดคล้องกับรายงานผลการวิจัยในประเทศเขตร้อนที่พบว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 5-20 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (Preston and Leng, 1987)

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533)

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 57.70–59.59 และ 83.75–95.11 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 70.73–77.35 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (95.11 มิลลิโมลต่อลิตร) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (87.38 และ 83.75 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เนื่องจากแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุ และการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (75.58, 77.35 และ 75.35 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (71.76 และ 70.73 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P= 0.02$, 0.01) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของแพะ ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อกระบวนการหมักและการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันอยู่ในช่วง 70–150 มิลลิโมลต่อลิตร (บุญล้อม, 2541) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารและระยะเวลาหลังให้อาหารมื้อนั้น โดยกรดที่มีมากที่สุด คือ กรดแอซิติก สัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง จะมีกรดแอซิติกในกระเพาะรูเมน 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้นกรดแอซิติกจะลดลง ในขณะที่กรดโพรพิออนิกจะเพิ่มขึ้น โดยกรดโพรพิออนิกจะมีประมาณ 18–20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด หากสัตว์ได้รับอาหารข้นสูงจะมีสัดส่วนของกรดโพรพิออนิกในกระเพาะรูเมนสูง ส่วนกรดบิวทิริกมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (บุญล้อม, 2541) สอดคล้องกับ เมธา (2533) ที่กล่าวว่า กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65–70, 20-22 และ 10-15 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และมีสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกอยู่ในช่วง 1-4 ตามลำดับ สำหรับในการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายและชนิดของกรดไขมันระเหยง่าย พบว่ากรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 69.39–71.36 และ 71.04–72.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 70.22–71.88 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารอยู่ในช่วง 19.15–20.21 เปอร์เซ็นต์ และ 19.93–20.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิออนิกอยู่ในช่วง 19.57–20.86 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่มที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 6.06–7.53 เปอร์เซ็นต์ และ 4.94–6.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดบิวทิริกมีค่าอยู่ในช่วง 5.98– 6.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ (6.06 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (7.24, 7.51 และ 7.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดบิวทิริกอยู่ในช่วงที่ปกติ

สำหรับสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะ-รูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.48–3.77, 3.31-3.71 และ 3.39–3.74 ตามลำดับ แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มสัดส่วนความเข้มข้นของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิก ต่ำกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ด-ปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Van Soest (1994) กล่าวว่า สัดส่วนกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มการกักเก็บพลังงาน เพราะการผลิตกรดโพรพิออนิก ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่า และในทางทฤษฎีสามารถลดการผลิตแก๊สเมทเธน จากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยไฮโดรเจน (H) ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์กรดทั้งสอง ($H_2+CO_2 = CH_4$) (Preston and Leng, 1987) แต่สำหรับการสังเคราะห์กรดโพรพิออนิกจะไม่มีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้น ดังนั้นถ้ามีการสังเคราะห์กรดโพรพิออนิกมากก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการสังเคราะห์กรดแอซิติกและกรดบิวทิริกมากกว่าก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่งนอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (เมธา, 2533)

ตารางที่ 11 กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value [1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมลต่อลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	58.48	59.59	59.09	57.95	57.70	0.96	0.76	0.76
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	92.69[ab]	95.11[a]	91.60[ab]	87.38	83.75[c]	1.70	0.02	0.32
เฉลี่ย	75.58[a]	77.35[a]	75.35[a]	71.76[b]	70.73[b]	1.01	0.01	0.31
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	70.65	69.39	70.62	71.18	71.36	0.64	0.27	0.52
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	71.95	71.04	72.36	72.15	72.40	0.79	0.48	0.81
เฉลี่ย	71.31	70.22	71.49	71.66	71.88	0.62	0.24	0.56
กรดโพรพิออนิก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	19.26	20.21	19.15	19.61	19.20	0.51	0.83	0.76
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	20.19	21.50	20.81	20.75	19.93	0.58	0.67	0.31
เฉลี่ย	19.72	20.86	19.98	20.17	19.57	0.47	0.69	0.42
กรดบิวทิริก (เปอร์เซ็นต์กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	7.24[a]	7.51[a]	7.53[a]	6.06[b]	6.46[ab]	0.34	0.16	0.62
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	6.01	5.63	4.94	5.22	5.51	0.54	0.35	0.87
เฉลี่ย	6.63	6.58	6.17	5.60	5.98	0.37	0.16	0.72
กรดแอซิติก: กรดโพรพิออนิก								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	3.70	3.48	3.73	3.69	3.77	0.11	0.64	0.71
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	3.57	3.31	3.48	3.53	3.71	0.12	0.40	0.27
เฉลี่ย	3.64	3.39	3.61	3.61	3.74	0.10	0.42	0.39

[1/] L = linear, Q = quadratic

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 12 พบว่าจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่มที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ไม่

แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.49–1.88 x 10^{10} และ 1.52-2.29 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรของแบคทีเรียและซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้จำนวนประชากรโปรโตซัว ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ซึ่งประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลในสูตรอาหารลดลง ซึ่งจำนวนประชากรโปรโตซัวต่อมิลลิลิตรของเหลวในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ของแป้งและน้ำตาล (Jouaney and Ushida, 1999) โดยแป้งในสูตรอาหารจะช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของโปรโตซัว (Chamberlain *et al.,* 1985) สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah และคณะ (1995) พบว่าประชากรโปรโตซัวลดลงในแกะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหลัก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. และ *Entodiniomorphs* spp. พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.49–0.90 x 10^{6} และ 2.32–2.96 x 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah และคณะ (1995) ซึ่งพบว่า ในแกะที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหลัก มีประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากร โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. (Russell, 2002)

ตารางที่ 12 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่ม และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value [1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
แบคทีเรียทั้งหมด ($x10^{10}$ เซลล์/มิลลิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	1.60	1.56	1.45	1.35	1.45	1.35	0.50	0.67
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	1.90	2.20	1.67	1.63	1.56	2.01	0.67	0.80
เฉลี่ย	1.75	1.88	1.56	1.49	1.51	1.65	0.43	0.89
โปรโตซัวทั้งหมด ($x10^{6}$ เซลล์/มิลลิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	2.88	2.51	2.47	2.21	2.29	0.26	0.09	0.50
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	3.16	3.47	3.15	2.63	2.61	0.32	0.10	0.56
เฉลี่ย	3.02	2.99	2.81	2.41	2.46	0.26	0.06	0.95
กลุ่ม Holotrich								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	0.63	0.57	0.40	0.72	0.27	0.28	0.74	0.51
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	0.50	0.75	0.57	1.07	1.15	0.45	0.34	0.71
เฉลี่ย	0.56	0.66	0.49	0.90	0.70	0.21	0.44	0.61
กลุ่ม Entodiniomorph								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	2.82	2.45	2.43	2.14	2.26	1.47	0.11	0.76
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	3.11	3.40	3.09	2.52	2.50	1.44	0.10	0.82
เฉลี่ย	2.96	2.92	2.76	2.32	2.39	1.45	0.10	0.61
ซูโอสปอร์เชื้อราทั้งหมด ($x10^{5}$ เซลล์/มิลลิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	2.28	1.91	1.67	1.61	1.53	0.27	0.07	0.51
4 ช.ม. หลังให้อาหาร	2.36	2.67	2.15	1.51	1.52	0.37	0.11	0.72
เฉลี่ย	2.23	2.29	1.91	1.56	1.52	0.28	0.06	0.97

[1/] L = linear, Q = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

เมแทบอไลท์ในเลือด

ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 , 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 13 พบว่าแพะทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 27.0–29.0 และ 26.60–28.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นทั้ง 2 ช่วงการศึกษาพบว่า แพะทั้ง 5 กลุ่ม มีปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 26.80–28.70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นของแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (22-38 เปอร์เซ็นต์) ตามรายงานของ Jain (1993) ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นหรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัยว่าสัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นต่ำกว่าปกติ สัตว์จะมีอาการโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นสูงกว่าปกติ สัตว์จะมีอาการโรคโพลีซัสซีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (ไชยณรงค์, 2541)

สำหรับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดแพะที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 15.32-17.77 และ 16.34-17.68 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 15.83-17.58 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งความเข้มข้นของ ยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือดมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่ผลิตได้ในกระเพาะรูเมน (Preston *et al.,* 1965) เนื่องจากยูเรียเป็นผลผลิตสุดท้ายของกระบวนการย่อยสลายโปรตีน ซึ่งเมื่อโปรตีนเกิดย่อยสลายจะได้แก๊สแอมโมเนียแล้วถูกจุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ แก๊สแอมโมเนียส่วนเกินจะถูกดูดซึมที่ตับและถูกขับออกทางร่างกาย โดยระดับยูเรียในร่างกายสามารถวัดได้โดยตรวจหาระดับไนโตรเจนในพลาสม่า หรือซีรั่ม เพื่อใช้บ่งชี้ระดับไนโตรเจนในเลือด ซึ่งสามารถใช้ความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนและปริมาณไนโตรเจนที่กินได้ (เมธา, 2533) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดแพะในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ 11.2–27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามรายงานของ Lloyd (1982)

ตารางที่ 13 ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น ยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
ปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่น (เปอร์เซ็นต์)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	27.40	2.80	27.00	29.00	29.00	0.82	0.31	0.80
4 ช.ม. หลังอาหาร	26.60	26.60	26.60	28.20	28.40	0.62	0.03	0.45
ค่าเฉลี่ย	27.00	27.70	26.80	28.60	28.70	0.56	0.08	0.59
ยูเรีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	17.77	17.26	15.65	15.32	16.00	1.05	0.17	0.43
4 ช.ม. หลังอาหาร	17.39	17.68	17.01	16.34	16.60	0.86	0.55	0.99
ค่าเฉลี่ย	17.58	17.38	16.33	15.83	16.31	0.86	0.32	0.69
กลูโคส (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)								
0 ช.ม. ก่อนให้อาหาร	59.92	61.46	59.36	63.68	62.46	1.91	0.39	0.92
4 ช.ม. หลังอาหาร	65.32	66.40	64.86	65.78	64.04	2.13	0.71	0.75
ค่าเฉลี่ย	62.62	63.93	62.11	64.73	63.93	1.90	0.79	0.90

ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดของแพะทั้ง 5 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) มีค่าอยู่ในช่วง 59.92–63.68 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 64.04–66.40 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าอยู่ในช่วง 62.11–63.93 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งอยู่ในช่วงปกติ โดย Kaneko (1980) รายงานว่า ความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดแพะที่บ่งบอกสภาวะสมดุลของพลังงานในร่างกายคือ 50–75 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และ Russell และ Gahr (2000) ที่รายงานว่าระดับปกติของกลูโคสในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่ากับ 45–65 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตรแสดง

ให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไม่กระทบต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ของพลังงานในตัวสัตว์

ความสมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 14 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากหญ้าพลิ-แคททูลั่มแห้งของแพะทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.12– 1.44 กรัมต่อตัวต่อวัน ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (13.80 และ 13.63 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 35 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (12.96, 12.47 และ 12.63 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมดของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (15.04 และ 15.09 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ ปริมาณการขับไนโตรเจน พบว่าปริมาณการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ และปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.70–2.63 และ 6.26–7.51 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.001) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และมีการตอบสนองในลักษณะรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.02 และ P=0.03) โดยค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายลดลงเมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารสูงกว่า 45 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งจากการ

ทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อย สัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระเพาะหมักได้อีก (Church, 1979)

ตารางที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจน ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)					SEM	Contrast P-value[1/]	
	15	25	35	45	55		L	Q
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน)								
อาหารข้น	13.80^{a}	13.63^{a}	12.96^{b}	12.47^{b}	12.63^{b}	0.17	0.15	0.76
อาหารหยาบ	1.24	1.46	1.44	1.19	1.12	0.11	0.34	0.20
ไนโตรเจนที่ได้รับทั้งหมด	15.04^{a}	15.09^{a}	14.40^{ab}	13.66^{b}	13.76^{b}	0.26	0.15	0.98
ไนโตรเจนที่ขับออก (กรัม/ตัว/วัน)								
มูล	4.62^{b}	3.63^{bc}	4.64^{b}	4.94^{ab}	5.62^{a}	0.35	0.001	0.04
ปัสสาวะ	2.24	2.63	2.22	1.70	1.89	0.28	0.23	0.83
ไนโตรเจนที่ขับออกทั้งหมด	6.86	6.26	6.48	6.65	7.51	0.37	0.32	0.16
ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (กรัม/ตัว/วัน)	10.42^{ab}	11.46^{a}	10.03^{b}	8.72^{c}	8.13^{c}	0.35	0.02	0.37
ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย (กรัม/ตัว/วัน)	8.18^{a}	8.83^{a}	7.91^{ab}	7.01^{bc}	6.24^{c}	0.32	0.03	0.34

[1/] L = linear, Q = quadratic

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

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

บทที่ 4

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, และ 35 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันทุกระดับ ไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

2. แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ มีอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทิริก ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรของแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือด ความเข้มของยูเรีย-ไนโตรเจน และปริมาตรเม็ดเลือดแดงอัดแน่นไม่แตกต่างกัน แต่การใช้กากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ($P<0.05$) ต่ำกว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์

ดังนั้นจึงสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นได้ 15–35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเสริมให้แก่แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียนที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการนำผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในพื้นที่ภาคใต้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน ดังนั้นเพื่อให้มีข้อมูลที่ชัดเจน และใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ในการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นสำหรับแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย x แองโกล-นูเบียน ควรมีการศึกษาสมรรถภาพการผลิต ต้นทุนในการเลี้ยง และคุณภาพซากของแพะเพศผู้หลังหย่านม โดยใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15–35 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เกิดขึ้นในสภาพฟาร์ม หรือการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2553. สถิติแพะในประเทศไทยรายภาค 2552. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.dld.go.th. [เข้าถึงเมื่อ 3 มีนาคม 2554].

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

ขวัญชนก รัตนะ. 2552. ผลของระดับเยื่อในลำต้นสาคูในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะ นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน สมรรถภาพการเจริญเติบโต และลักษณะซากของแพะพื้นเมืองเพศผู้ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

ไชยณรงค์ นาวานุเคราะห์. 2541. โลหิตวิทยาของสัตว์เลี้ยงและการวิเคราะห์. ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2540. โภชนาศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม.

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

นิวัต เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2543. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. กรุงเทพฯ : ลินคอร์นโปรโมชั่น.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

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

ประพจน์ มลิวัลย์. 2543. คุณค่าทางโภชนาการของกากเนื้อในปาล์มน้ำมันและการใช้ในอาหารไก่กระทง.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปราณี แซ่โค้ว. 2540. การศึกษาส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

พรชัย เหลืองอาภาพงศ์. 2549. คัมภีร์ปาล์มน้ำมันพืชเศรษฐกิจเพื่อการบริโภคและอุปโภค. กรุงเทพฯ: มติชน.

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

พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ : ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง.

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

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. นครศรีธรรมราช สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

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

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

สายันต์ ปานบุตร. 2547. การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันและเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาล. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตรปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/main.phpMfilename=agri production. (10 มกราคม 2554).

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร. 2548. พืชเศรษฐกิจ ปาล์มน้ำมันภาคใต้. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://sdoae.doae.go.th/palm.php. (10 มกราคม 2554).

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2537. โภชนาศาสตร์สัตว์. สงขลา : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกชัย พฤกษ์อำไพ. 2546. คู่มือเลี้ยงแพะ. นนทบุรี : สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (15th ed.). Washington, D.C. : Association Official Analytical Chemists.

Abdullah, N., Hanita, H., Ho, Y. W., Kudo, H., Jalaludin, S. and lvan, M. 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.

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

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

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

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

Devendra, C. and Lewis, D. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. Anim. Prod. 19: 67-75.

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

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

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

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis. Agricultural Handbook No. 397. Washington, D.C. : USDA.

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

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

Ishida, M. and Abu Hassan, O. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. JARQ. 13: 41-47.

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

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

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

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

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

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

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

Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation in relation to protein utiltzation in the ruminant. J. Agri. 48: 438-442.

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

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

NRC. 1981. Nutrient Requirements for Goat : Angora Dairy and Meat Goat in Temperate and and Tropical Countries. Washington, D.C. : National Academy Press.

Nwokolo, E. N., Bragg, O. B. and Saben, H. S. 1977. A nutritive evaluation of palm kernel meal for use in poultry rations. Tropical Science 19: 147-154.

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

Pralomkarn, W., Kochapakedd, S., Intrapichet, K. and Choldumrongkul, S. 1994. Effect of supplementation and parasitic infection on productivity of Thai native and crossbred female weaner goat II. Body composition and sensory characteristics. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 7 : 555-561.

Pralomkarn, W., Saithanoo, S., Kochapakdee, S. and Norton, B. W. 1995. Effect of genotype and plane of nutrition on carcass characteristics of Thai Native and Anglo-Nubian x Thai Native male goats. Small Rumin. Res. 16 : 21-25.

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

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

Russell, J. B. 2002. Rumen Microbiology and Its Role in Ruminant Nutrition. New York : Cornell Universtiy Press.

Russell, R. W. and Gahr, S. A. 2000. Glucose Available and Associated Metabolism Modelling Nutrient in Farm Animals. pp. 121-147. New York : CABI Publishing.

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

Sutton, J. D. 1985. Digestion and absorption of energy substrates in the lactating cow. J. Dairy Sci. 68 : 1110–1120.

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

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

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

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

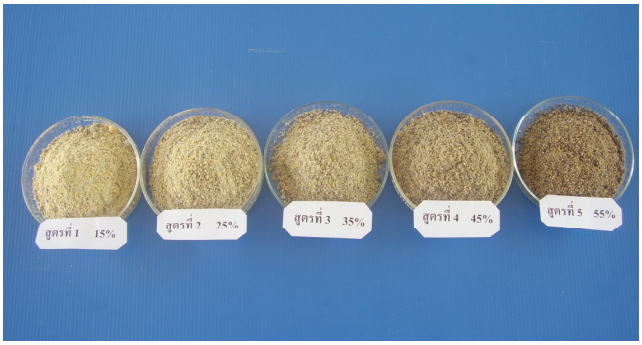
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบ

ภาพที่ 1 การชั่งน้ำหนักแพะ

ภาพที่ 2 แพะทดลองในระยะปรับตัวในคอกขังเดี่ยว



ภาพที่ 3 อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 4 หญ้าพลิแคททูลั่มแห้ง

ภาพที่ 5 กรงทดลองหาการย่อยได้

ภาพที่ 6 มูลแพะที่ขับออกในแต่ละวัน

ภาพที่ 7 ปัสสาวะแพะที่ขับออกในแต่ละวัน

ภาพที่ 8 อุปกรณ์ในการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 9 การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 10 การวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง

ภาพที่ 11 อุปกรณ์ในการเก็บเลือด และการเก็บเลือด

ภาคผนวก ข

การนับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยวิธีนับตรง (Total direct count)

การตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา โดยวิธีนับตรง (total direct count) ตามวิธีการของ Galyean (1989)

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1.1. สารเคมี

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

1.2 อุปกรณ์

- Haemacytomter ขนาดกว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 มิลลิเมตร และลึก 0.1 มิลลิเมตร
- ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง ขนาด 30 มิลลิลิตร
- สไลด์พร้อม clover grass
- บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร
- กระดาษทิชชู
- ปิเปต
- กล้องจุลทรรศน์ (Model Olympus BX50)

2. การเตรียม 10% formalin in normal saline (fixing solution)

2.1 เตรียม normal saline ให้มีความเข้มข้น 0.85 % (W/V)

2.2 เตรียมformalin ให้มีความเข้มข้น 10 % (V/V) โดยใช้ normal saline (0.85 %) เป็นตัวทำละลาย เช่น ถ้าต้องการเตรียม fix solution ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จะต้องใช้ normal saline 90 มิลลิลิตร และ formaline 10 มิลลิลิตร

3. การเก็บตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษา

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมนก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร (4 ชั่วโมง) โดยนำของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในขวดบรรจุ 10 % formalin in normal saline ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอนับจำนวนจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย, โปรโตซัว, และเชื้อรา ด้วยกล้องจุลทรรศน์ รายละเอียดดังนี้

4. การนับจำนวนแบคทีเรีย (Bacterial count)

ทำการเจือจางความเข้มข้นของตัวอย่างของเหลวจากเดิม 10 เท่า เป็น 100 เท่า โดยการดูดตัวอย่างมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 9 มิลลิลิตร ซึ่งทำให้ปลอดเชื้อโดยการนำไป autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางแล้วจากหลอด หยดลงบน hamatocytometer วาง cover slip ปิดทับด้านบน ให้ตัวอย่างกระจายทั่ว แล้วทำการนับโดยนับจำนวน 20 ช่องเล็ก ใช้กำลังขยาย 400 เท่า ในแนวทแยงมุมและนับจำนวน 2 ซ้ำ แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนประชากรแบคทีเรีย โดยใช้สูตร

$$\mathbf{Y = X \times F \times D}$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรแบคทีเรีย

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^6

5. การนับจำนวนประชากรโปรโตซัว (Protozoal count)

ทำการนับจากตัวอย่างที่เก็บมาได้เลยโดยไม่ต้องทำการเจือจางอีก โดยใช้กำลังขยาย 100 เท่า นับทั้งหมดใน 1 ช่องใหญ่ซึ่งประกอบด้วย 400 ช่องเล็ก ทำการนับ 2 ซ้ำ หลังจากนั้นทำการคำนวณประชากรโปรโตซัวโดยใช้สูตร

$$\mathbf{Y = X \times F \times D}$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรโปรโตซัว

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^4

6. การนับจำนวนประชากรเชื้อรา (Fungal zoospores count)

ทำการนับประชากรเชื้อราเช่นเดียวกับโปรโตซัว แต่นับเพียง 25 ช่องกลาง ทำการนับ 2 ซ้ำ และคำนวณหาจำนวนประชากรเชื้อรา ดังนี้

$$\mathbf{Y = X \times F \times D}$$

เมื่อ Y = จำนวนประชากรเชื้อรา

X = ค่าเฉลี่ยที่นับได้

D = dilution factor

F = square factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4×10^5

ภาคผนวก ค

น้ำหนักของแพะทดลองในแต่ละระยะเวลาการทดลอง

ระยะเวลาการทดลอง	แพะทดลอง				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
ระยะที่ 1	A	B	E	D	C
น้ำหนักเริ่มต้น	24.50	20.00	24.00	26.00	22.50
น้ำหนักสิ้นสุด	24.50	21.00	25.00	26.00	23.00
ระยะที่ 2	B	A	D	C	E
น้ำหนักเริ่มต้น	24.00	24.50	22.50	20.50	25.00
น้ำหนักสิ้นสุด	24.50	26.00	24.50	21.00	27.00
ระยะที่ 3	D	C	A	E	B
น้ำหนักเริ่มต้น	22.50	26.00	31.00	26.00	27.00
น้ำหนักสิ้นสุด	24.00	27.50	32.00	27.00	28.00
ระยะที่ 4	C	E	B	A	D
น้ำหนักเริ่มต้น	29.00	24.00	32.50	29.50	29.50
น้ำหนักสิ้นสุด	30.00	25.00	33.00	29.50	29.50
ระยะที่ 5	E	D	C	B	A
น้ำหนักเริ่มต้น	30.00	30.00	33.00	30.00	25.00
น้ำหนักสิ้นสุด	33.00	33.50	35.00	32.00	26.00

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

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวอารีย์วรรณ มีแสง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5110620055

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

1. อารีย์วรรณ มีแสง, ปิ่น จันจุฬา, วันวิศาข์ งามผ่องใส, เสาวนิต คูประเสริฐ และอภิชาต หล่อเพชร. 2552. ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ. รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 5 ปศุสัตว์ไทยในกระแสเศรษฐกิจถดถอย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วันที่ 16 ตุลาคม 2552 หน้า 41-45.
2. อารีย์วรรณ มีแสง, ปิ่น จันจุฬา, วันวิศาข์ งามผ่องใส และอภิชาติ หล่อเพชร. 2553. ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหลัก. แก่นเกษตร 38: 261 – 274.