

ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารชั้นต่อ การย่อยได้ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

Effects of Using Palm Kernel Cake in Concentrate on Digestibility and Rumen Ecology of Goats

อารีย์วรรณ มีแสง^{1/} ปิ่น จันจุฬา^{1/} วันวิสาข์ งามผ่องใส^{1/}
และอภิชาติ หล่อเพชร^{2/}
Areewan Mesang^{1/} Pin Chanjula^{1/} Wanwisa Ngampongsai^{1/}
and Apichart Lawpetchara^{2/}

Abstract: Five goats with average liveweight 20 ± 1 kg were randomly assigned according to a 5x5 Latin Square Design to receive 5 concentrate diets containing 15, 25, 35, 45 and 55% PKC, respectively. Plicatulum hay was offered on *ad lib* basis. Based on this experiment, there were no significant differences ($P > 0.05$) among treatments regarding DM intake, whereas apparent digestibilities of DM, OM, CP, NDF and ADF were lower ($p < 0.01$) at the high inclusion rate of PKC (45 and 55% PKC). pH, $\text{NH}_3\text{-N}$, BUN and blood glucose were similar among treatments ($P > 0.05$). It could be concluded that the optimal level of PKC in concentrate should be 15-35 % for goat fed with plicatulum hay.

Keywords: Palm kernel cake, feed intake, rumen fermentation, goat, nutrient digestibility

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90110

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90110

^{2/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90110

^{2/} Small Ruminant Research and Development Center, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkla 90110

บทคัดย่อ: การศึกษาได้กระทำในแพะน้ำหนักเฉลี่ย 20 ± 1 กิโลกรัม ใช้แผนทดลองแบบ 5×5 จตุรัสลาติน ให้ได้รับอาหารชั้น 5 สูตรที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55% ตามลำดับ และได้รับหญ้าพลีแคทูลัมแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุดิบมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และเซลลูโลสแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดและกลูโคสในเลือดมีค่าใกล้เคียงกัน ($P > 0.05$) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 15-35% ในสูตรอาหารชั้นสำหรับแพะ

คำสำคัญ: กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน แพะ การย่อยได้ของโภชนา

คำนำ

อาหารสัตว์นับว่าเป็นปัจจัยหลักของต้นทุนการผลิตสัตว์ ปัจจุบันประเทศไทยต้องสูญเสียเงินในการนำเข้าวัตถุดิบอาหารสัตว์จากต่างประเทศ โดยเฉพาะปลาป่น ข้าวโพด และกากถั่วเหลืองเป็นจำนวนมาก ดังนั้น เพื่อเป็นการสนับสนุนการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรให้มีความก้าวหน้ามากขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยการใช้ทรัพยากรอาหารที่มีศักยภาพภายในท้องถิ่นหรือภายในประเทศมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ เช่น กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ปาล์มน้ำมัน (*oil palm, Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชยืนต้นที่มีการปลูกได้เฉพาะในพื้นที่เขตร้อนชื้นของโลก (เส้นรุ้ง 10° N-S) ปัจจุบันมีการปลูกใน 42 ประเทศ สำหรับประเทศไทย พื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันได้ขยายตัวอย่างมาก จากประมาณ 1,844,266 ไร่ ในปี พ.ศ. 2547 เป็น 3,246,130 ไร่ ในปี พ.ศ. 2551 โดย 95 เปอร์เซ็นต์อยู่ในเขตภาคใต้ ซึ่งจังหวัดที่มีพื้นที่การปลูกมาก คือ กระบี่ 965,809 ไร่ สุราษฎร์ธานี 915,255 ไร่ และจังหวัดอื่นๆ เช่น ชุมพร สตูล และตรัง ตามลำดับ ได้ผลผลิตมากกว่า 9,264,655 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นอีก ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ได้แก่ กากปาล์ม (*oil palm meal, OPM*) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (*palm kernel meal, PKM* หรือ *palm kernel cake, PKC*) เป็นต้น ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันนี้เป็นส่วนที่ได้จากการกระเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาอัดน้ำมัน จึงมีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างสูง (CP 18-19%, EE 5% และ CF 13% ตามลำดับ) (สุธา และเสาวนิต, 2544) สามารถใช้เป็น

แหล่งของโปรตีน และพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะได้ดี สุมิตรรา (2543) รายงานว่า สามารถใช้เศษเหลือจากคอรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียได้ถึง 45% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะถูกผสม แต่ที่ระดับ 30% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบสูงที่สุด สอดคล้องกับ พิชัย (2534) ที่รายงานว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบของอาหารลดลง ($P < 0.05$) และอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง ในกลุ่มที่เสริมอาหารชั้นที่มีกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง ($> 50\%$) โดยเฉพาะในแพะยังมีจำกัด ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ ในสูตรอาหารแพะต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะ

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์เพศผู้ อายุ 15-16 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20 ± 1 กิโลกรัม จำนวน 5 ตัว ทำการสุ่มให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 5×5 จตุรัสลาติน (5×5 Latin square design) โดยได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกสูตรคำนวณให้มีระดับโภชนา

ตามความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) คือมีโปรตีน 15% และ TDN 77-80% (ตารางที่ 1)

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ซึ่งเดียวกพื้นที่จำนวน 5 คอก มีรางอาหารหยาบ อาหารชั้น และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ทำการทดลอง 5 ช่วง ๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วัน โดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับหญ้าฟลูแคทูลัมแห้งแบบเต็มๆ เสริมอาหารชั้นตามกลุ่มทดลองในระดับ 2% ของน้ำหนักตัว วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลองให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว

การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารชั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง อีกส่วนหนึ่งสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลอง อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ค่า Detergent fiber ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารปริมาณ 100 มล. ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยใช้วิธีการ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) หลังจากนั้น สุ่มเก็บประมาณ 20 มิลลิลิตร เติมน้ำ 1M H₂SO₄ จำนวน 2

มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH₃-N) โดยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) เก็บตัวอย่างเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มล. ใส่หลอดที่มีเฮพาริน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 10 นาทีและเก็บส่วนพลาสมาใส่ตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) นอกจากนี้ ทำการเก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด (total collection) เป็นเวลา 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีและคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 5x5 Latin Square Design โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ PKC ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารชั้นที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) ถ้าวรวม อินทรีย์วัตถุ (OM) และโปรตีนหยาบ (CP) ใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง

Table 1 Chemical composition of the experimental diets, plicatulum hay and palm kernel cake

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%) ¹					Plicatulum	Palm
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)	hay	kernel cake
Ingredients composition, %							
Palm cake kernel, PKC	15.00	25.00	35.00	45.00	55.00	-	-
Corn meal, CM	59.75	58.11	50.41	42.25	28.80	-	-
Soybean meal, SBM	15.54	5.64	2.89	0.17	-	-	-
Rice bran, RB	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-	-
Urea	-	1.00	1.10	1.20	1.20	-	-
Salt	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Mineral mix ²	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Dicalcium phosphate	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
Molasses	1.46	2.00	2.00	2.00	5.00	-	-
Palm oil	-	-	0.35	1.13	1.75	-	-
Sulfur	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-	-
Chemical composition, % on DM basis							
DM ³	88.54	88.61	88.726	88.876	88.78	92.16	95.90
Ash	5.74	5.43	5.46	5.75	6.41	8.28	3.90
OM	94.26	94.57	94.54	94.25	93.59	91.72	96.10
CP	15.89	15.76	15.83	15.48	15.56	3.04	14.20
EE	3.22	4.19	4.82	6.74	7.80	0.21	9.40
NSC ⁴	43.36	36.96	33.03	24.44	19.04	6.28	3.63
NDF	31.79	37.66	40.86	47.59	51.19	82.19	68.87
ADF	13.29	18.69	22.63	28.37	32.72	54.01	52.68
ADL	4.72	6.28	8.20	9.32	11.05	8.84	14.73
Hemicellulose ⁵	18.50	18.97	18.23	19.22	18.47	28.19	16.19
Cellulose ⁶	8.57	12.41	14.43	19.05	21.67	45.17	37.95

¹ T₁ = Level of PKC 15%, T₂ = Level of PKC 25%, T₃ = Level of PKC 35%, T₄ = Level of PKC 45%, T₅ = Level of PKC 55%.

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

³ DM: dry matter; OM: organic matter; CP: crude protein; EE: ether extract; NSC: non structural carbohydrate; NDF: neutral detergent fiber; ADF: acid detergent fiber; ADL: acid detergent lignin.

⁴ Estimated: NSC = 100-(CP+NDF+EE+Ash)

⁵ Estimated: Hemicellulose = NDF-ADF

⁶ Estimated: Cellulose = ADF-ADL

15.48-15.89% (2.47-2.54% N) ขณะที่ ไขมัน (EE) อยู่ในช่วง 3.22-7.80% เยื่อใย (CF) อยู่ในช่วง 8.77-16.11% ผนังเซลล์ (NDF) อยู่ในช่วง 31.79-51.19% เซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 13.29-32.72 และ 4.72-11.05% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เมื่อพิจารณาค่าคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (NSC) พบว่ามีค่าลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งความแตกต่างของ NSC และองค์ประกอบสารเยื่อใย อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบสารเยื่อใยค่อนข้างสูงมากกว่า 15% สูงกว่ารายงานของ McDonald *et al.* (1988) ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบทางโภชนาการของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มาจากการบวรสกัดไขมันแบบวิธีกล (mechanical extraction) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ 1) กากผลปาล์มทั้งผล หรือกากปาล์มน้ำมัน และ 2) กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น กะลา และเปลือกนอกของผลปาล์ม จึงเหมาะที่จะใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (NRC, 1978)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลีแคทูลัมแห้ง (plicatulum hay, PH) ที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 1) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของอนันต์ (2548) ที่รายงานว่าหญ้าพลีแคทูลัมแห้งมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 2.90-2.99% แต่ต่ำกว่ารายงานของ Chanjula and Ngampongsai (2009) ซึ่งมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 3.36-3.62% ขณะที่ค่า NDF และ ADF ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุของพืชที่ตัดมาทำแห้ง ความหนาแน่นของพืช ส่วนของพืช ความถี่ในการเก็บเกี่ยว การชะล้าง ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ ฤดูกาล และสภาพอากาศ เป็นต้น ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วง

ที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น (สายัณห์, 2548)

ปริมาณการกินได้ของอาหาร

การใช้สูตรอาหารชั้น ที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันต่างกัน (15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) (วัตถุแห้ง) ของอาหารในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ได้รับหญ้าพลีแคทูลัมแห้ง (ตารางที่ 2) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ทั้งในแง่ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) ปริมาณการกินได้ของอาหารชั้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมดทั้งที่คิดเป็นปริมาณเฉลี่ย (kg/d) และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (%BW) หรือกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมแทบอลิก (g/kg $W^{0.75}$) แม้ว่าเมื่อคิดเป็นหน่วยใน 2 กรณีหลังจะมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (Q , $P= 0.06$ และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารชั้นก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนา

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ DM, OM, CP, CF, NDF และ ADF ของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่าง ๆ ในสูตรอาหาร (ตารางที่ 3) ปรากฏว่า ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) สอดคล้องกับ พิชัย (2534) ที่รายงานว่า การเสริมอาหารชั้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% ของวัตถุแห้ง ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง ($P<0.05$) ขณะที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองแอ่งโกลน 50% (สุมิตร, 2543) ทั้งนี้เนื่องจาก ระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (ตารางที่ 1) ทำให้การย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะ NDF, ADF และ ADL มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับ

Table 2 Feed intake (kg/d) in goats fed plicatulum hay and concentrates containing various level of palm kernel cake

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%) ¹					SEM	Contrast P-value ²	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
DMI, kg/d								
Plicatulum hay, kg/d	0.256	0.298	0.294	0.244	0.232	0.03	0.29	0.18
%BW	0.94	1.08	1.09	0.92	0.88	0.08	0.26	0.08
g/kg W ^{0.75}	21.49	24.76	24.91	20.76	19.93	1.88	0.26	0.10
Concentrate, kg/d	0.512	0.530	0.514	0.504	0.508	0.01	0.76	0.86
%BW	1.88	1.94	1.92	1.88	1.91	0.03	0.97	0.55
g/kg W ^{0.75}	42.98	44.24	43.65	42.78	43.37	0.46	0.82	0.65
Total DMI, kg/d	0.768	0.828	0.808	0.748	0.740	0.03	0.45	0.41
DMI, %BW	2.82	3.02	3.02	2.80	2.79	0.09	0.30	0.06
DMI, g/kg W ^{0.75}	64.47	68.99	68.56	63.54	63.30	1.97	0.28	0.10

¹ T₁ = Level of PKC 15%, T₂ = Level of PKC 25%, T₃ = Level of PKC 35%, T₄ = Level of PKC 45%, T₅ = Level of PKC 55%.

² L = linear, Q = quadratic.

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

ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992) นอกจากนี้ ปริมาณไขมันที่มากกว่า 4-5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับรายงานของ Griinari *et al.* (1998) ที่พบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่ มากกว่า 2 พันธะ (PUFA) มีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (MUFA) เนื่องจาก กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และลดการย่อยได้ของเยื่อใยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง (Pantoja *et al.*, 1994) ซึ่งการลดความสามารถในการย่อยเยื่อใยนี้เกิดทั้งในโคและแกะเมื่อเสริมไขมันในอาหาร (Brooks *et al.*, 1954) ซึ่ง Devendra and Lewis (1974) สรุปว่า อาจเกิดเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบ

ผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถเข้าย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ (cell membrane) ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกิริยากับ cation เกิดเป็น insoluble complex ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวน cation ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ทำให้การย่อยได้ลดลง ในแม่โคที่ได้รับอาหารที่มีไขมันเสริมในสูตรอาหารมากกว่า 4% และได้รับพืชอาหารสัตว์ต่ำทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม และผลผลิตน้ำนมลดลง 30 และ 35% ตามลำดับ (Griinari *et al.*, 1998) ทำนองเดียวกับปริมาณการกินได้ของโคชนะที่ย่อยได้ของ OM, CP, NDF, CF และ ADF ของแพะทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้น กลุ่มที่ 4 และ 5

Table 3 Apparent digestibility and Digestible nutrient intake in goats fed plicatum hay and concentrates containing various level of palm kernel cake

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%) ¹					SEM	Contrast P-value ²	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Apparent digestibility, %								
DM	72.11 ^{ab}	75.62 ^a	72.11 ^{ab}	68.27 ^{bc}	63.77 ^c	1.71**	0.005	0.11
OM	73.48 ^{ab}	76.78 ^a	74.62 ^{ab}	69.97 ^{bc}	65.72 ^c	1.62**	0.005	0.09
CP	69.28 ^a	72.83 ^a	70.18 ^a	63.64 ^b	58.73 ^c	1.55**	0.001	0.03
CF	63.84 ^{ab}	67.60 ^a	64.56 ^{ab}	56.41 ^{bc}	50.06 ^c	2.68**	0.001	0.06
NDF	64.00 ^a	69.96 ^a	66.18 ^a	63.73 ^a	57.48 ^b	2.01*	0.06	0.05
ADF	54.32 ^{abc}	62.17 ^a	58.56 ^{ab}	52.32 ^{bc}	48.05 ^c	2.47*	0.05	0.04
EE	79.61 ^b	87.87 ^a	88.04 ^a	91.05 ^a	90.14 ^a	1.26**	0.001	0.06
Estimated energy intake ³								
ME Mcal/d	2.05 ^{ab}	2.28 ^a	2.13 ^{ab}	1.86 ^{bc}	1.72 ^c	0.08**	0.11	0.19
ME Mcal/kg DM	2.61 ^{ab}	2.74 ^a	2.62 ^{ab}	2.48 ^{bc}	2.32 ^c	0.06**	0.004	0.05

¹ T₁ = Level of PKC 15%, T₂ = Level of PKC 25%, T₃ = Level of PKC 35%, T₄ = Level of PKC 45%, T₅ = Level of PKC 55%.

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

* P<0.05; ** P<0.01.

² L = linear, Q = quadratic

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

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

(45 และ 55% PKC) ที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งอาจเนื่องจาก ระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

เมื่อพิจารณาสมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) พบว่า เพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น (P<0.01) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินไขมันในอาหารเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และจากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/d และ Mcal/kg) พบว่า แพะทุกกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ยกเว้นกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่มีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น (P<0.01) อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของโภชนาที่ย่อยได้ของ OM ต่ำกว่า และระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับ PKC ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถใช้ได้ในสูตรอาหารชั้นระดับ 15-35%

โดยไม่มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ทั้งหมด สมประสิทธิ์การย่อยได้ ปริมาณการกินได้ของโภชนาที่ย่อยได้ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง อย่างไรก็ตาม พบว่าความสามารถในการย่อยได้ของมีค่าโภชนาเฉลี่ยสูงสุดในกลุ่มที่ 2 ที่ระดับการทดแทน 25% PKC เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ

อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร (ตารางที่ 4) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่ม โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนค่อนข้างคงที่ (39.3-39.5 °C) ซึ่งเป็นระดับที่ปกติ และเหมาะสมต่อการทำงานของ

จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (38-40 °C) (Van Soest, 1994) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ภายในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลาก็ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มเช่นกัน ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด-ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.22-6.53) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) และย่อยสลายโปรตีน (6.0-7.0) สอดคล้องกับรายงานของเมธา (2533) ที่รายงานว่า ระดับ pH ที่เหมาะสมในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 6.5-7.0 และเมื่อเปรียบเทียบค่า pH ระหว่างช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร พบว่า ค่า rumen pH ลดต่ำลง (6.18-6.31) ในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร ซึ่งอาจเนื่องมาจากเป็นช่วงเวลาที่เกิดกระบวนการหมักสูงสุด

ค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนและระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสดเลือด

ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหารต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนอยู่ในช่วง 14.14-16.71 mg/dL (ตารางที่ 4) และค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในการทดลองครั้งนี้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 10-30 mg/dL (Ferguson *et al.*, 1993) สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ทำนองเดียวกับ Preston and Leng (1987) ที่รายงานว่า ระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนคือ 5-25 mg/dL อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์ ชนิดของอาหาร โดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ปริมาณโปรตีนที่กินได้ (Lewis, 1975) ศักยภาพในการเกิดกระบวนการหมักของอาหาร ความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีน และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสม (เมธา, 2533)

ส่วนค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสดเลือด (BUN) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มเช่นเดียวกัน ($P>0.05$, 15.32-17.77, 16.34-17.68

และ 15.83-17.58 mg/dL ตามลำดับ) และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติของแพะ สอดคล้องกับ Lloyd (1982) ที่รายงานว่า ระดับปกติของ BUN ในแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dL และในแกะ 8-20 mg/dL (Kaneko, 1989) ซึ่งค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรตามหลายปัจจัย เช่น อายุ สูตรอาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และระดับของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ Preston *et al.* (1965) ที่รายงานว่า ค่าของ BUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน

ความเข้มข้นของกลูโคสและปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสดเลือด

กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสัตว์ทุกชนิด ในสัตว์เคี้ยวเอื้องกลูโคสเป็นสารตั้งต้น ที่สำคัญในการสังเคราะห์น้ำตาลแลคโตส และกลีเซอรอล ผลของระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารชั้นของแพะต่อการเปลี่ยนแปลงระดับกลูโคสในกระแสดเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแพะทั้ง 5 กลุ่ม (ตารางที่ 4) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 62.11-64.73 mg/dl และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของแพะคือ 50-75 mg/dL (2.77 to 4.16 mmol/L) (Kaneko, 1980) แต่ต่ำกว่ารายงานของ Chanjula *et al.* (2007a) ที่ศึกษาผลยูเรีย 4 ระดับ (0, 1, 2 และ 3%) ต่อการเปลี่ยนแปลงกลูโคสในกระแสดเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 69.4-73.8 mg/dL (3.8-4.1 mmol/L) เฉลี่ย 71.51 mg/dL (3.9 mmol/L) และมีค่าอยู่ในช่วง 69.40-72.90 mg/dL เฉลี่ย 70.74 mg/dL (3.9 mmol/L) ในแพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ทดแทนข้าวโพดบดด้วยมันเส้นในสูตรอาหารสัตว์ (Chanjula *et al.*, 2007b) ซึ่งความผันแปรของค่ากลูโคสในกระแสดเลือดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สถานะสภาพทางสรีระของสัตว์ (Firat and Ozpinar, 1996) หรือระยะเวลาในการสูดตัวอย่าง (Hove and Halse, 1983) จากการศึกษานี้ของ Mahardika *et al.* (2000) รายงานว่า ปริมาณกลูโคสในกระแสดเลือดลดลงในช่วงชั่วโมงที่ 2 และเพิ่มขึ้นในช่วงชั่วโมงที่ 3-4 หลังการให้อาหาร

Table 4 Rumen fermentation characteristics and blood metabolized characteristics in goats fed plicatulum hay and concentrates containing various level of palm kernel cake

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%) ¹					SEM	Contrast ²	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Temperature, °C								
0 h-post feeding	39.1	39.3	39.4	39.2	39.2	0.33	0.91	0.54
4	39.8	39.7	39.5	39.4	39.7	0.23	0.52	0.32
Mean	39.4	39.5	39.4	39.3	39.4	0.16	0.83	0.23
Ruminal pH								
0 h-post feeding	6.74	6.78	6.61	6.65	6.66	0.09	0.45	0.74
4	6.31	6.20	6.21	6.18	6.18	0.04	0.33	0.60
Mean	6.53	6.49	6.41	6.22	6.42	0.10	0.15	0.35
NH3-N, mg/dl								
0 h-post feeding	18.57	17.43	14.86	17.43	16.29	1.18	0.44	0.46
4	14.86	16.00	14.00	14.29	12.00	1.48	0.16	0.45
Mean	16.71	16.71	14.43	15.86	14.14	1.13	0.23	0.96
BUN, mg/dl								
0 h-post feeding	17.77	17.26	15.65	15.32	16.00	1.05	0.17	0.43
4	17.39	17.68	17.01	16.34	16.60	0.86	0.55	0.99
Mean	17.58	17.38	16.33	15.83	16.31	0.86	0.32	0.69
Glu, mg/dl								
0 h-post feeding	59.92	61.46	59.36	63.68	62.46	1.91	0.39	0.92
4	65.32	66.40	64.86	65.78	64.04	2.13	0.71	0.75
Mean	62.62	63.93	62.11	64.73	63.93	1.90	0.79	0.90
PCV, %								
0 h-post feeding	27.40	2.80	27.00	29.00	29.00	0.82	0.31	0.80
4	26.60	26.60	26.60	28.20	28.40	0.62	0.03	0.45
Mean	27.00	27.70	26.80	28.60	28.70	0.56	0.08	0.59

¹ T₁ = Level of PKC 15%, T₂ = Level of PKC 25%, T₃ = Level of PKC 35%, T₄ = Level of PKC 45%, T₅ = Level of PKC 55%.

² L = linear, Q = quadratic.

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

เพราะปริมาณกรดโพธิออนิก (C_3) ในกระเพาะรูเมนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสเพิ่มสูงสุดในช่วงที่ 3 หลังการให้อาหาร

ส่วนค่าปริมาตรเม็ดโลหิตแดงอัดแน่นในกระแสเลือด pack cell volume (PCV) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในช่วง 26.80-28.70% ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula *et al.* (2007a, b) ที่รายงานว่า ค่า PCV ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยแองโกลนูเบียน 50 %เพศผู้ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 28.00-29.87 และ 27.90-28.95% ตามลำดับ และอยู่ในเกณฑ์ปกติที่รายงานโดย Jain (1993) คือ 22-38% ซึ่งค่า PCV สามารถประเมินความสมบูรณ์ของร่างกายแพะและสุขภาพสัตว์เบื้องต้น อย่างไรก็ตาม ค่า PCV ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ระดับโภชนาการที่สัตว์ได้รับและพันธุ์สัตว์ สอดคล้องกับ Rasedee *et al.* (1982) ที่รายงานว่า ค่า PCV เปลี่ยนแปลงได้ตามระดับโภชนาการที่สัตว์ได้รับ โดยโคนมที่ได้รับอาหารชั้น 1.75% ของน้ำหนักตัว มีค่า PCV มากกว่าโคนมที่ได้รับอาหารชั้น 1% ของน้ำหนักตัว นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับการชนิดของสัตว์ โดยพบว่าค่า PCV ในโคนม (35.91%) และกระบือ (38.37%) มีค่าสูงกว่าโคเนื้อ (30.37%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ทวีพร, 2544) ขณะที่แม่โคพันธุ์บราห์มันมีค่า PCV เฉลี่ย 35% (มณฑิร และคณะ, 2540) จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารชั้น ไม่มีผลต่อระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ และค่าปริมาตรเม็ดเลือดแดงที่อัดแน่นในร่างกายของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย และยังแสดงให้เห็นถึงสภาพพลังงานสมดุลในร่างกายของแพะ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานในอาหารชั้นแพะ ระดับ 15-35% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักใน

กระเพาะรูเมน และเม-แทบอลิไทน์ในกระแสเลือดของแพะ หรือทำให้สมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ซึ่งจะเป็นแนวทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นการลดต้นทุนการผลิตและการเพิ่มผลผลิตกำไร อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่าง ๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (รหัสโครงการ NAT5122020031S) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์และสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และสัตว์ทดลอง รวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ทวีพร พูนดุสิต. 2544. การเปรียบเทียบประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตของโคนม โคเนื้อและกระบือเพศผู้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปลูกแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มณฑิร บุญทวีสง, กฤษณ์ บุญพิทักษ์ และบรรจง จงรักษ์วัฒนา. 2540. ระดับ Pack cell Volume และโปรตีนในซีรัมแม่โคบราห์มันภายใต้โครงการส่งเสริมการเลี้ยงโค 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้. ใน: การศึกษาโครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อแก่เกษตรกรยากจน 5 จังหวัดชายแดนภาคใต้. ศูนย์อำนวยการบริหารจังหวัด

- ชายแดนภาคใต้ สำนักงานปศุสัตว์เขต 9 กรมปศุสัตว์ กรมการฯ 2540. หน้า 61-71.
- เมธา วรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี้พับบลิชชิง. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ลำภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สุธา วัฒนสิทธิ์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2544. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสัตว์. ว.สงขลานครินทร์ วท. 23:741-752.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตรปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: <http://www.oae.go.th/main.phpMfilename=agri production>. (1 กันยายน 2552).
- สายัณห์ ทัดศรี. 2548. หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อนันต์ วิษุวัณษ์. 2548. ผลของระดับอาหารชั้นต่อการใช้ประโยชน์ได้และสมดุลไนโตรเจนของโคพื้นเมืองภาคใต้ช่วงการตั้งท้องระยะกลาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analyses, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Bremner, J. M. and D. R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta. 32:485-493.
- Brooks, C. C., G. B. Garner, C. W. Gehrke, M. E. Medhrer and W. H. Pfander. 1954. The effect of added fat on the digestion of cellulose and protein by ovine rumen microorganisms. J. Anim. Sci. 13:758-764.
- Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007a. Effect of levels of urea and cassava chip in concentrate on dry matter intake, ruminal ecology and blood metabolites in growing goats. Songklanakarin J. Sci. and Technol. 29:37-48.
- Chanjula. P., W. Ngampongsai and M. Wanapat. 2007b. Effects of replacing ground corn with cassava chip in concentrate on feed intake, nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations in goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 20:1557-1566.
- Chanjula, P. and W. Ngampongsai. 2009. Effects of sago palm pith as replacement for corn grain on intake, rumen fermentation characteristics and microbial N supply of cattle fed *Paspalum plicatulum* hay. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22:378-387.
- Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinization. American J. Medical Techn. 33:361-365.
- Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. Anim. Prod. 19:67-75.
- Ferguson, J.D., D. T. Galligan, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: the usefulness of test information. J. Dairy Sci. 76:3742-3746.
- Firat, A. and A. Ozpinar. 1996. The study of changes in some blood parameters (glucose, urea, bilirubin AST) during and after pregnancy in association with nutritional conditions and litter size in ewes. Turk Veterinerlik ve Hayvancilik Dergisi. 20:387-393.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications).

- Agriculture Handbook. No. 370, USDA-ARS, Washington, D.C.
- Grinari, J. M., D. A. Dwyer, M. A. McGuire, D. E. Bauman, D. L. Palmquist and K. V. V. Nurmela. 1998. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 81:1251-1261.
- Hart, F. J. and M. Wanapat. 1992. Physiology of digestion of urea-treated rice straw in swamp buffalo. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 5:617-622.
- Hove, K. and K. Halse. 1983. Energy metabolism in ruminants with special reference on ketosis and fertility. Proc. 5th Int. Conf. Prod. Dis. Farm Anim. Uppsala, Sweden, pp. 115-123.
- Jain, N. C. 1993. Essential of Veterinary Hematology. Lea & Febiger. Philadelphia.
- Kaneko, J. J. 1980. Appendixes. In: Clinical Biochemistry of Domestic Animals, 3rd ed. (Ed. J. J. Kaneko). New York, Academic Press.
- Kaneko, J. J. 1989. Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th ed. Academic Press, San Diego, California.
- Lewis, D. 1975. Blood urea concentration in relation to protein utilization in the ruminant. J. Agric. Sci. (Camb.) 48:438-446.
- Lloyd, S. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. British Veterinary J. 138:70-85.
- Mahardika, I. G., D. Sastradipradja, T. Sutardi and I. K. Sumadi. 2000. Nutrient requirements of exercising swamp buffalo, *Bubalus bubalis* II. Details of work energy of cows and its relation to heart rate. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13:1003-1009.
- McDonald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Animal Nutrition. 4th ed., Longman, London.
- NRC. 1978. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 5th ed. National Academy press, Washington D.C.
- NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goats: Angora, dairy and meat goat in temperate and tropical countries. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pantoja, J., J. L. Firkins, M. L. Eastridge and B. L. Hull. 1994. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:2341-2356.
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production Systems with Available Resources in the Tropics and Sub-tropics. Penambull Book Armidale, Australia.
- Preston, R. L., D. D. Schnakenberg and W. H. Pfander. 1965. Protein utilization in ruminants. I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. J. Nutr. 86:281-287.
- Rasedee, A., J. A. Zainal, K. Ragavan and O. Halmi. 1982. The effect of high and low protein diets on block parameters in lactating Friesian cow. Kajian Vet. (Malaysia). 14:5-13.
- Schneider, B. H. and W. P. Flatt. 1975. The Evaluation of Feed Through Digestibility Experiment. Athens: The University of Georgia Press. Georgia, Athens.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. (2nd ed.). McGraw-Hill, New York.

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