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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

Schneider, B. H., and W. P Flatt. 1975. The Evaluation of Feed Through Digestibility Experiment. Athens: The University of Georgia Press. Georgia.

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

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometerial Approach. 2nd Edition. McGraw-Hill, NY.

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

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

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

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

Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. In: Proceedings of at 9th Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies in conjunction with the twenty-Third Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production. Vol. July 2-7, 2000. Sydney Australia. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 (Supplement): 59-67.

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

พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

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

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

สุธา วัฒนสิทธิ์ และเสาวนิต คูประเสริฐ. 2544. การใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารสัตว์. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 23:741-752.

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

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

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

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

AOAC. 1990. Official Methods of Analyses, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.

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

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

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

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.

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

Crocker, C.L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinzation. 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.

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

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

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

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

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.

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.

ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) พบว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมีความแตกต่างกัน ($P<0.01$) และมีการตอบสนองในลักษณะรูปแบบเป็นเส้นตรง (L, P=0.02 และ P=0.03) โดยค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกายลดลงเมื่อมีระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรมากกว่า 45% อาจเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนต่ำกว่ากลุ่มอื่นและมีสัดส่วนของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยอยู่สูงส่งผลให้การกักเก็บไนโตรเจนลดลง ขณะที่กลุ่มอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน อาจเนื่องจาก แพะได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสูตรอาหารที่ให้ทุกสูตรมีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) เกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ (5-8 mg/dL; Satter and Slyter, 1974 หรือ 3.3-8.5 mg/100 mL; Kang-Meznarich and Broderick, 1981) สำหรับการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารระดับต่างๆ กัน ใช้เป็นแหล่งพลังงาน และโปรตีนในสูตรอาหาร สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอต่อการดำรงชีพ ในทางตรงกันข้ามถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย ไนโตรเจนจะถูกขับออกมาทางมูล และปัสสาวะน้อยลง เพื่อเป็นการรักษาสมดุลไนโตรเจนในร่างกาย เนื่องจากสัตว์มีกลไกควบคุมความสมดุลของไนโตรเจนในร่างกาย เมื่อได้รับไนโตรเจนจากอาหารในปริมาณที่ต่ำ โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระเพาะหมักได้อีก (Church, 1979) ขณะที่พนอม (2526) รายงานว่า กระบือที่ได้รับโปรตีนจากอาหารต่ำกว่าความต้องการของร่างกาย ไนโตรเจนที่ถูกขับออกมาในปริมาณที่มากกว่าไนโตรเจนที่ได้รับ ทำให้ไนโตรเจนที่กักเก็บเป็นลบไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ

สรุป

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นแพะ ระดับ 15-35% โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจน หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง ซึ่งจะเป็นลู่ทางในการใช้วัตถุดิบอาหารในท้องถิ่นการลดต้นทุนการผลิต และการเพิ่มผลผลิตกำไร อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาในแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกรต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (รหัสโครงการ NAT5122020031S) ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยประจำปี พ.ศ. 2551 และขอขอบคุณภาควิชาสัตวศาสตร์และสถานวิจัยพืชกรรมปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์และสัตว์ทดลอง รวมทั้งคณาจารย์นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

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

จะเจริญได้ดี และแย่งอาหารจากแบคทีเรีย และใช้แบคทีเรียเป็นอาหารก็จะเพิ่มขึ้น Russell (2002) รายงานว่า จำนวนโปรโตซัวที่เพิ่มขึ้นทำให้แบคทีเรียลดลง เนื่องจากโปรโตซัวจับกิน (enguf) แบคทีเรียเป็นอาหาร โดยทั่วไปโปรโตซัวสามารถใช้แบคทีเรียเป็นอาหารได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ถ้าในสูตรอาหารมีเมล็ดธัญพืชเป็นหลัก โปรโตซัวจะกินเมล็ดแป้งสามารถช่วยปรับระดับความเป็นกรดเป็นด่างและป้องกันสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักได้ (Russell and Hespell, 1981; McAllister et al., 1993)

ความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ผลของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นระดับต่างๆ ต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะทั้ง 5 สูตร ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนอาหารข้น (N-concentrate) อาหารหยาบ (N-roughage) และปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยสูตรที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) ที่ด้อยกว่ากลุ่มอื่น (P<0.01) (Table 5) อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารข้น ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะโปรตีนในอาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระและความสามารถในการย่อยได้ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ย่อยได้ของกลุ่มอื่นๆ สูงกว่าสูตรที่ 4 และ 5

ปริมาณการขับไนโตรเจน (N excretion) พบว่า ปริมาณการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary N) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ขณะที่ ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูล (Fecal N) มีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยมีการตอบสนองในลักษณะรูปแบบเป็นเส้นตรง (L, P=0.001) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลสูงกว่ากลุ่มอื่น (P<0.01) ขณะที่ กลุ่มอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) อาจเนื่องจากมีสัดส่วนของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อย (indigestible protein) อยู่สูง และมีความสัมพันธ์กับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) (Tamminga, 1996) ซึ่งปริมาณการขับไนโตรเจนในมูลที่ต่ำจะช่วยเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย

Table 5 Effects of palm kernel cake on nitrogen utilization in goats fed with plicatulum hay as roughage.

	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1/]						Contrast[3/]	
Attribute	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)	SEM[2/]	L	Q
N balance, g/d								
Total N intake	15.04a	15.09a	14.40ab	13.66b	13.76b	0.26**	0.15	0.98
N-concentrate	13.80a	13.63a	12.96b	12.47b	12.63b	0.17**	0.15	0.76
N-roughage	1.24	1.46	1.44	1.19	1.12	0.11	0.34	0.20
Fecal N	4.62b	3.63bc	4.64b	4.94ab	5.62a	0.35**	0.001	0.04
Urinary N	2.24	2.63	2.22	1.70	1.89	0.28	0.23	0.83
Absorbed N	10.42ab	11.46a	10.03b	8.72c	8.13c	0.35**	0.02	0.37
Retained N	8.18a	8.83a	7.91ab	7.01bc	6.24c	0.32**	0.03	0.34

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

[2/] SEM = Standard error of the mean (n = 5) and * P<0.05; ** P<0.01.

[3/] L = linear, Q = quadratic.

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

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อราโดยวิธีการนับตรง

การศึกษาประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน เพื่อให้ทราบถึงตระกูล (genus) ชนิด (species) และชีวมวล (biomass) เป็นอีกวิธีการที่ช่วยให้สามารถนำข้อมูลมาปรับกลยุทธ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระเพาะรูเมน เพราะกระบวนการหมักส่วนใหญ่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นหลัก จากการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungal zoospores) โดยวิธีการนับตรง (total direct count) (Galyean, 1989) จำนวนประชากรของแบคทีเรียและเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.49-1.88 $x10^{10}$ และ 1.52-2.32 $x10^{6}$ cell/ ml ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a) และ Chanjula et al. (2007b) รายงานว่า ประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.40-1.90 $x10^{10}$ และ 1.15-2.89 $x10^{6}$ cell/ ml ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Bryant and Robinson (1961); Hungate (1966) รายงานว่าประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} cell/ ml ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ไม่มีผลต่อกระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ หรือสมรรถภาพของสัตว์ด้อยลง แม้ว่ามีแนวโน้มประชากรแบคทีเรีย และเชื้อราลดลงในกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% PKC ทั้งนี้อาจเนื่องจากการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมีความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น อย่างไรก็ตาม ประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของอาหารและชนิดสัตว์ อายุสัตว์ ความเป็นกรด-ด่าง สัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ พบว่าอาหารที่มีเยื่อใยสูงทำให้มีแบคทีเรียกลุ่ม cellulolytic bacteria สูงกว่าอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ นอกจากนี้ระดับของ NH_3-N หรือประสิทธิภาพการย่อยได้ โดยอาหารที่มีการย่อยได้สูง และอาหารที่มีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น (Wallace, 1979; Song and Kennelly, 1990)

ประชากรโปรโตซัวทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.41-3.02$x10^{6}$ cell/ ml แต่มีแนวโน้มค่อนข้างต่ำ (L, P= 0.09, 0.10 และ 0.06 ตามลำดับ) ในกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นมากกว่า 45% PKC ทั้งนี้อาจเนื่องจากระดับไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นและการเป็นพิษของกรดไขมันในน้ำมันในกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน Galbraith and Miller (1973) รายงานว่ากรดไขมันสายยาวมีความเป็นพิษต่อเซลล์จุลินทรีย์มากกว่ากรดไขมันสายสั้น สอดคล้องกับ Abdullah and Hutagalung (1988); Abdullah et al. (1995) รายงานว่าโคและแกะที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลัก พบว่าประชากรโปรโตซัวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ แต่เหตุผลยังไม่ชัดเจน อาจมีบางปัจจัยในอาหารทำให้ลด หรือกำจัดประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมน ทำนองเดียวกับ เมื่อพิจารณากลุ่มประชากรโปรโตซัวโดยแบ่งออกเป็นกลุ่ม (*Holotrich* sp. และ *Entodiniomorphs* sp.) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีแนวโน้มประชากรโปรโตซัวลดลงตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah et al. (1995) พบว่าในแกะที่ได้รับ PKC เป็นอาหารหลัก (PKC-based diet) มีประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* sp. มากกว่า *Holotrich* sp. โดยทั่วไปกลุ่ม *Entodiniomorphs* sp. มีประชากรมากกว่ากลุ่ม *Holotrich* sp. (Russell, 2002) ซึ่งจำนวนโปรโตซัวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและนิเวศน์วิทยาในกระเพาะหมัก โดยเฉพาะแหล่งของ NSC ในอาหาร ซึ่ง Russell (2002) รายงานว่า *Holotrich* sp. ชอบใช้ soluble carbohydrate ขณะที่กลุ่ม *Entodiniomorphs* sp. มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ feed particle และชอบใช้แป้ง (starch) มากกว่า ประชากรโปรโตซัวที่ลดลงมีผลดีทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยปกติภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมโปรโตซัว

Table 4 Effects of palm kernel cake on rumen microbs in goats fed with plicatulum hay as roughage.

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1/]					SEM[2/]	Contrast[3/]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Total direct count								
Bacteria (x10^{10}cell/ml)								
0 h-post feeding	1.60	1.56	1.45	1.35	1.45	1.35	0.50	0.67
4	1.90	2.20	1.67	1.63	1.56	2.01	0.67	0.80
Mean	1.75	1.88	1.56	1.49	1.51	1.65	0.43	0.89
Fungal zoospores (x10^{6} cell/ ml)								
0 h-post feeding	2.28	1.91	1.67	1.61	1.53	0.27	0.07	0.51
4	2.36	2.67	2.15	1.51	1.52	0.37	0.11	0.72
Mean	2.32	2.29	1.91	1.56	1.52	0.28	0.06	0.97
Total Protozoa(x10^{6} cell/ml)								
0 h-post feeding	2.88	2.51	2.47	2.21	2.29	0.26	0.09	0.50
4	3.16	3.47	3.15	2.63	2.61	0.32	0.10	0.56
Mean	3.02	2.99	2.81	2.41	2.46	0.26	0.06	0.95
Holotrich sp. (x10^{5} cell/ml)								
0 h-post feeding	0.63	0.57	0.40	0.72	0.27	0.28	0.74	0.51
4	0.50	0.75	0.57	1.07	1.15	0.45	0.34	0.71
Mean	0.56	0.66	0.49	0.90	0.72	0.21	0.44	0.61
Entodiniomorphs sp. (x10^{6} cell/ml)								
0 h-post feeding	2.82	2.45	2.43	2.14	2.26	1.47	0.11	0.76
4	3.11	3.40	3.09	2.52	2.50	1.44	0.10	0.82
Mean	2.96	2.92	2.76	2.32	2.39	1.45	0.13	0.72

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

[2/] SEM = Standard error of the mean (n = 5)

[3/] L = linear, Q = quadratic.

Table 3 Effects of palm kernel cake on rumen fermentation and volatile fatty acid profiles in goats fed with plicatulum hay as roughage.

Attribute	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1/]					SEM[2/]	Contrast[3/]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Ruminal pH	6.53	6.49	6.41	6.22	6.42	0.10	0.15	0.35
NH_3-N, mg/dl	16.71	16.71	14.43	15.86	14.14	1.13	0.23	0.96
Total VFA, mmol/ L								
0 h-post feeding	58.48	59.59	59.09	57.95	57.70	0.96	0.76	0.79
4	92.69ab	95.11a	91.60ab	87.38bc	83.75c	1.70**	0.02	0.32
Mean	75.58a	77.35a	75.35a	71.76b	70.73b	1.01**	0.01	0.31
Molar proportion of VFA, mol/ 100mol								
Acetate (C_2)								
0 h-post feeding	70.65	69.39	70.62	71.18	71.36	0.64	0.27	0.52
4	71.95	71.04	72.36	72.15	72.40	0.79	0.48	0.81
Mean	71.31	70.22	71.49	71.66	71.88	0.62	0.24	0.56
Propionate (C_3)								
0 h-post feeding	19.26	20.21	19.15	19.61	19.20	0.51	0.83	0.76
4	20.19	21.50	20.81	20.75	19.93	0.58	0.67	0.31
Mean	19.72	20.86	19.98	20.17	19.57	0.47	0.69	0.42
Butyrate (C_4)								
0 h-post feeding	7.24a	7.51a	7.53a	6.06b	6.46ab	0.34*	0.16	0.62
4	6.01	5.63	4.94	5.22	5.51	0.54	0.35	0.87
Mean	6.63	6.58	6.17	5.60	5.98	0.37	0.16	0.72
Other VFA,[4/]								
0 h-post feeding	2.83b	2.84b	2.81b	3.2a	2.98ab	0.07*	0.28	0.94
4	1.83ab	1.82b	1.87ab	1.88ab	2.14a	0.08*	0.07	0.25
Mean	2.33b	2.33b	2.34ab	2.54ab	2.56a	0.06*	0.07	0.60
C2:C3 ratio								
0 h-post feeding	3.70	3.48	3.73	3.69	3.77	0.11	0.64	0.71
4	3.57	3.31	3.48	3.53	3.71	0.12	0.40	0.27
Mean	3.64	3.39	3.61	3.61	3.74	0.10	0.42	0.39

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

[2/] SEM = Standard error of the mean (n = 5) and * P<0.05; ** P<0.01.

[3/] L = linear, Q = quadratic.

[4/] Sum of isobutyrate, isovalerate, and valerate.

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

ของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (Nocek and Russel, 1988) ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในอาหารที่มีพลังงานสูง เนื่องมาจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสูง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน การดูดซึมของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอะโบมาซัม (abomasum) (Löpez et al., 2003) มากกว่านั้น ยังขึ้นกับความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์ (organic acid) ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรต และปริมาณที่สัตว์กิน (Heldt et al., 1999) สัดส่วนอาหารข้นและอาหารหยาบ (Sarwar et al., 1992) และ Sutton et al. (1993) รายงานว่าปริมาณแป้งที่ย่อยสลายได้ง่ายเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ขณะที่ ระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติคลดลง ส่วนกรดไขมันอื่นๆ (isobutyrate, isovalerate and valerate) พบว่ามีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องจาก การลดลงของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน และสัมพันธ์กับอัตราการหมักหรือการย่อยได้ที่สูง เพราะกระบวนการหมักที่สูงและเร็วเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสำหรับการเจริญของจุลินทรีย์ และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ NH_3-N ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน การย่อยเยื่อใยและกรดไขมันกลุ่ม branched chain volatile fatty acids (BCVFA) สามารถเกิดขึ้น (Russell and Sniffen, 1984; Nocek and Russel, 1988)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัดส่วนความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (C_2:C_3 ratio) ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร แต่กลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น (กลุ่มที่ 1-4) มีแนวโน้มสัดส่วนความเข้มข้นของ C_2:C_3 ต่ำกว่ากลุ่มที่ 5 ซึ่ง Van Soest (1994) กล่าวว่า สัดส่วน C_2:C_3 ที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มการกักเก็บพลังงาน เพราะการผลิต C_3 ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่า และในทางทฤษฎีสามารถลดการผลิตแก๊สเมทเธนจากการรีดิวซ์คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยไฮโดรเจน (H) ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์กรดทั้งสอง (H_2+CO_2 = CH_4) (Preston and Leng, 1987) แต่สำหรับการสังเคราะห์กรดโพรพิออนิคจะไม่มีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้น ดังนั้น ถ้ามีการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิคมากก็จะมีแก๊สเมทเธนเกิดขึ้นน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีการสังเคราะห์กรดอะซิติคและกรดบิวทีริคมากกว่าก็จะมีแก๊สเมท-เธนเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่งนอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (เมธา, 2533; Preston and Leng, 1987; Van Soest, 1994) จากผลการทดลองครั้งนี้ ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมดเฉลี่ยของของเหลวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 70.73-77.35 mmol/L ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a) และ Chanjula et al. (2007b) รายงานว่า ค่า TVFA ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 75.00-79.20 และ 80.87-86.57% ตามลำดับ ซึ่ง France and Siddons (1993) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนปกติมีค่าระหว่าง 70-130 mmol/L ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ได้ (Forbes and France, 1993) สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

Table 2 Effects of palm kernel cake on feed intake (kg/d) and apparent digestibility in goats fed with plicatulum hay as roughage.

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1/]					SEM[2/]	Contrast P-value[3/]	
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		L	Q
Total DMI, kg/d	0.768	0.828	0.808	0.748	0.740	0.03	0.45	0.41
OMI, kg/d	0.717ab	0.775a	0.755ab	0.699ab	0.688b	0.02*	0.43	0.39
CPI, kg/d	0.094a	0.094a	0.090ab	0.085b	0.086b	0.001*	0.15	0.99
DM	72.11ab	75.62a	72.11ab	68.27bc	63.77c	1.71**	0.005	0.11
OM	73.48ab	76.78a	74.62ab	69.97bc	65.72c	1.62**	0.005	0.09
CP	69.28a	72.83a	70.18a	63.64b	58.73c	1.55**	0.001	0.03
NDF	64.00a	69.96a	66.18a	63.73a	57.48b	2.01*	0.06	0.05
ADF	54.32abc	62.17a	58.56ab	52.32bc	48.05c	2.47*	0.05	0.04

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

[2/]SEM = Standard error of the mean (n = 5) and * $P<0.05$; ** $P<0.01$.

[3/]L = linear, Q = quadratic

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

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารแพะต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) (6.22-6.53) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) (14.14-16.71 mg/dL) (**Table 3**) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แพะที่ได้รับสูตรอาหารทดลอง โดยมีค่าเฉลี่ยรวมค่อนข้างคงที่ ซึ่งเป็นระดับที่ปกติและเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (Ferguson et al., 1993; Van Soest, 1994)

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) และกรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารและค่าเฉลี่ยรวม (**Table 3**) พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่ TVFAs ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม และและกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) โดยสูตรที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (P<0.01) และมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, P= 0.02 และ 0.01 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุและโปรตีนที่กิน และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหาร (อินทรีย์วัตถุและโปรตีน) (**Table 2**) และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (**Table 1**) เพราะความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างสูง (Van Soest, 1994) นอกจากนี้ อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) สูง และมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงจะเพิ่มสัดส่วน

1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใยทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถเข้าย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ (cell membrane) ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกิริยากับ cation เกิดเป็น insoluble complex ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวน cation ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนทำให้การย่อยได้ลดลง การเสริมไขมันในอาหารนอกจากยับยั้งกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ยังลดกระบวนการหมักในทางเดินอาหารส่วนล่าง (hindgut) ทำให้ลดความสามารถในการย่อยได้ในระบบทางเดินอาหารทั้งหมด (Boggs et al., 1987) แต่เพิ่มการขับเยื่อใยในมูลบ่อยมากขึ้น (Palmquist and Jenkins, 1980)

Table 1 Chemical composition of the experimental diets, plicatulum hay (PH) and palm kernel cake (PKC).

Item	Palm kernel cake (PKC) levels in concentrate (%)[1/]					Plicatulum hay	PKC
	T1(15)	T2(25)	T3(35)	T4(45)	T5(55)		
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[3/]							
DM	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

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

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

[3/] 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)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง (**Table 1**) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง เถ้ารวม อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนรวมอยู่ในช่วง 15.48-15.89% (2.47-2.54% N) ขณะที่ ไขมันรวม อยู่ในช่วง 3.22-7.80% เยื่อใยรวมอยู่ในช่วง 8.77-16.11% ผนังเซลล์อยู่ในช่วง 31.79-51.19% เซลล์ยูโลลิกนิน และลิกนินอยู่ในช่วง 13.29-32.72 และ 4.72-11.05% ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งความแตกต่างขององค์ประกอบสารเยื่อใย อาจเนื่องมาจากความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบสารเยื่อใยรวมค่อนข้างสูงมากกว่า 15% สูงกว่ารายงานของ วินัยและคณะ (2528); McDonald et al. (1988) ทั้งนี้ส่วนประกอบทางโภชนะของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้มาจากกระบวนการสกัดไขมันแบบวิธีกล ยังไม่สามารถแยกกะลาและเปลือกนอกของผลปาล์มออกได้หมด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มที่ผลิตได้จึงมีกะลาปนอยู่ทำให้เยื่อใยรวมเพิ่มขึ้น

ปริมาณการกินได้ และความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น ที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55% ตามลำดับ ในแพะต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมดเฉลี่ย (กก./วัน) ของทุกกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (**Table 2**) ทำนองเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและโปรตีนที่กิน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นสูตรที่ 5 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและโปรตีนที่กินต่ำกว่ากลุ่มอื่นอาจเนื่องมาจากปริมาณการกินได้ของอาหาร และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (**Table 1**) ทำให้ปริมาณการกินของโภชนะแตกต่างกัน สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน การย่อยได้ของผนังเซลล์ และเซลล์ยูโลลิกนินของแพะทุกกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันระดับต่างๆ ในสูตรอาหาร (**Table 2**) ของแพะทุกกลุ่ม พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยสูตรที่ 4 และ 5 (45 และ 55% PKC) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น สอดคล้องกับพิชัย (2534) รายงานว่า การเสริมอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% ของวัตถุแห้ง พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลง (P<0.05) ขณะที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียน 50% (สุมิตรา, 2543) อาจเนื่องจากระดับเยื่อใยและไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (**Table 1**) ทำให้การย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะผนังเซลล์ เซลล์ยูโลลิกนินและลิกนินมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992) มากกว่านั้น ปริมาณไขมันที่มากกว่า 4-5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน (Allen, 2000; NRC, 2001) โดยเฉพาะสัดส่วนของกรดไขมันพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ (polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยทั่วไปมีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนและการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid, MUFA) เนื่องจากมีผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่า (Allen, 2000) สอดคล้องกับ Palmquist and Jenkins (1980) รายงานว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และลดการย่อยได้ของเยื่อใยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง ซึ่ง Devendra and Lewis (1974) สรุปว่า อาจเกิดเนื่องจาก

และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้า และช่วงเย็นของทุกวันเพื่อหาปริมาณการกินได้ ส่วนในระยะทดลองให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว แต่ลดปริมาณอาหารหยาบที่ให้เหลือเพียง 90% ของปริมาณที่กินได้ในช่วงระยะปรับตัว

การเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของแพะ โดยชั่งน้ำหนักก่อนเข้าช่วงการทดลองและในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบและอาหารข้นทั้งอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °ซ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับหาปริมาณการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวันและอีกส่วนหนึ่งนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 °ซ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มล. เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และเซลล์ยูโลลิกนิน (acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่ม ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหาร โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง ปริมาณ 100 มล. นำมาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) หลังจากนั้น แบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 20 มล. เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 1 มล.ต่อของเหลวจากรูเมน 10 มม. เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนใส (supernatant) ไว้ประมาณ 10-15 มล. นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -20 °ซ เพื่อรอการวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ด้วยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) ของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid, TVFA) และกรดไขมันระเหยได้ที่สำคัญได้แก่ กรดอะซีติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4) โดยใช้เครื่อง HPLC (Hewlett Packard) ประกอบด้วย water 510 pump (Millipore), UV Detector 210nm., ODS reverse phase column (5μ, 40x250mm) ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Samuel et al. (1997) และส่วนที่ 2 ทำการสุ่มเก็บ 1 มล. เติม 10% formaldehyde 9 มล. เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ (total direct count) ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) โดยใช้ Haemacytometer ขนาด 400 ช่อง ทำการนับแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา ตามวิธีการของ Galyean (1989) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ (Olympus BX51TRF, No. 2B04492, Olympus optical Co. Ltd., Japan) เก็บตัวอย่างเลือดที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารในวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มล. ใส่หลอดที่มีเฮพพารีน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 10 นาทีและเก็บส่วนพลาสมาใส่ตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 °ซ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรียในเลือด (blood urea-nitrogen, BUN) (Crocker, 1967) นอกจากนี้ ทำการเก็บมูลและปัสสาวะทั้งหมด (total collection) โดยเก็บ 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง แล้วทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีและคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ Proc GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มระดับ PKC ด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย จากการสำรวจในปี พ.ศ. 2551 มีพื้นที่การเพาะปลูกปาล์มน้ำมันในประเทศรวมทั้งสิ้น 3,246,130 ไร่ โดย 95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดอยู่ในเขตภาคใต้ ในแต่ละปีจะได้ผลผลิตปาล์มน้ำมันมากกว่า 9,264,655 ตันต่อปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) และแนวโน้มในอนาคตได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในกระบวนการแปรรูปของอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากปาล์มและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (oil palm by-products) จำนวนมาก เช่น กากปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel meal, PKM หรือ palm kernel cake, PKC) เป็นต้น ซึ่งมีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีน และพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (พันทิพา, 2538)

กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นส่วนที่ได้จากการกระเทาะเอากะลาออกไปแล้วมาอัดน้ำมัน จึงมีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง (โปรตีนรวม 18-19%, ไขมันรวม 5% และ เยื่อใยรวม 13% ตามลำดับ) (สุธา และเสาวนิต, 2544) สามารถใช้เป็นแหล่งของโปรตีนและพลังงานในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะได้ดี สุมิตรา (2543) รายงานว่า สามารถใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียได้ถึง 45% โดยไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ที่ระดับ 30% มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ พิชัย (2534) รายงานว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลง ($P<0.05$) และอัตราการเจริญเติบโตมีแนวโน้มลดลง ในกลุ่มที่เสริมอาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% อย่างไรก็ตาม ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับระดับการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง (>50%) โดยเฉพาะในแพะยังมีจำกัด ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ ในสูตรอาหารแพะต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง แผนการทดลอง และการเตรียมอาหารทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ อายุ 15-16 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กก. จำนวน 5 ตัว ในช่วงปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลอง แพะทดลองทุกตัวได้รับการฉีดวัคซีนเพื่อป้องกันโรคติดต่อที่สำคัญ ได้แก่ วัคซีนโรคคอบวม และโรคปากและเท้าเปื่อย ถ่ายพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin, IDECTIN®, The British Dispensary, Co., Ltd.) อัตราการใช้ยา 2 มล.ต่อน้ำหนักตัว 50 กก. และฉีดไวตามินเอดีอี (AD_3E) อัตราการใช้ยา 2 มล.ต่อตัวทุกตัว ทำการสุ่มแพะให้ได้รับทรีทเมนต์ตามแผนการทดลองแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน (5x5 Latin square design) โดยได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 สูตร ตามลำดับ

แพะแต่ละตัวถูกเลี้ยงในคอกศึกษาการย่อยได้ (metabolism crate) ขังเดี่ยวยกพื้น จำนวน 5 คอก มีรางอาหารหยาบ อาหารข้น และที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า อาหารข้นที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ข้าวโพดบด กากถั่วเหลืองและรำละเอียดเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน (**Table 1**) โดยคำนวณให้มีระดับโภชนะตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) คือมีโปรตีน 15% และ ME 2.78-2.89 Mcal/kg DM ทำการทดลอง 5 ช่วงๆ ละ 21 วัน ซึ่งประกอบด้วย ระยะปรับตัว (adaptation period) 14 วัน และระยะทดลอง (experimental period) 7 วันโดยในระยะปรับตัวให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งแบบเต็มที่ เสริมอาหารข้นตามกลุ่มทดลองในระดับ 2% ของน้ำหนักตัว โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 น. และ 16.00 น. ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้

ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหลัก

Effects of levels of palm kernel cake in concentrate on rumen ecology and nitrogen balance in goats fed with *Paspalum plicatulum* hay-based diet

อารีย์วรรณ มีแสง[1], ปิ่น จันจุฬา[1*], วันวิศาข์ งามผ่องใส[1] และอภิชาติ หล่อเพชร[2]

Areewan Mesang[1], Pin Chanjula[1*], Wanwisa Ngampongsai[1] and Apichart Lawpetchara[2]

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ โดยศึกษาในแพะน้ำหนักเฉลี่ย 20±1 กก. ใช้แผนการทดลองแบบ 5x5 จัตุรัสลาติน แพะได้รับอาหารข้นที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55% ในสูตรอาหารที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 สูตร ตามลำดับ ให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนินแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) โดยสูตรที่ 4 และ 5 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีความแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) โดยสูตรที่ 4 และ 5 ที่มีการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันได้ 15-35% ในสูตรอาหารแพะ
คำสำคัญ: กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน, นิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน, สมดุลไนโตรเจน, แพะ

ABSTRACT: This experiment aimed to study effect of levels of palm kernel cake (PKC) in concentrate on dry matter intake and rumen fermentation. Five goats with average liveweight 20±1 kg were randomly assigned according to a 5x5 Latin square design to receive five diets (15, 25, 35, 45 and 55% PKC, respectively). Plicatulum hay was offered on ad lib basis. Based on this experiment, there were no significant differences (P>0.05) among treatments regarding DM intake, whereas apparent digestibilities of DM, OM, CP, NDF and ADF were affected (P<0.01) by inclusion of PKC in diets and tended to be slightly lower for goats fed the diet T_4 and T_5 containing 45 and 55% PKC as compared with other treatments. The ruminal pH and NH_3-N were similar among treatments (P>0.05). Volatile fatty acids, rumen microorganism populations and efficiency of microbial nitrogen supply were similar among treatments (P>0.05), but nitrogen balance was affected (P<0.01) by inclusion of PKC in diets and tended to be slightly lower for goats fed the diet 45 and 55% PKC as compared with other treatments. It could be concluded that the level of PKC in concentrate should be 15-35 % for goat fed with plicatulum hay.
Keywords: palm kernel cake, rumen ecology, nitrogen balance, goat

---

[1] ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา

Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ จ.สงขลา

Small Ruminant Research and Development Center, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90112

[*] Corresponding author: pin.c@psu.ac.th