รายงานวิจัยสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT581217M (NAT581217b)

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Oil Palm Meal from Oil Extraction of Dry Method by Using Solvent in Goat Ration

โดย

รศ.ดร. ปิ่น จันจุฬา[1] และคณะ

[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2558-2559

รายงานวิจัยสมบูรณ์

รหัสโครงการ NAT581217M (NAT581217b)

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Oil Palm Meal from Oil Extraction of Dry Method by Using Solvent in Goat Ration

โดย

รศ.ดร. ปิ่น จันจุฬา[1]

ผศ. ดร. กฤช สมนึก[2]

นางสหัทยา พงค์ประยูร[1]

นายสิริชัย คงปาน[1]

และนักศึกษาระดับปริญญาตรี *

[1]ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ประเภททั่วไป

ประจำปีงบประมาณ 2558-2559

*** การสนับสนุนนักศึกษา:**

1. น.ส. นุสริน เส็นหละ	รหัส 5710610064
2. น.ส. ฟิรดาว มาน๊ะ	รหัส 5710610093
3. น.ส. ฉัตรธิรา หวังสาและ	รหัส 5710610194
4. น.ส. ชุติมา เกียรติสโร	รหัส 5710610200

***** นักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยแก่โครงการวิจัยเรื่อง **“การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ”** ซึ่งดำเนินการวิจัยโดยได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (**รหัสโครงการ NAT581217M: NAT581217b**) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558–2559 โดยเริ่มโครงการวิจัยเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 ตลอดจนภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110 ที่ได้ให้ความสะดวกในการดำเนินการวิจัยในด้านสถานที่ อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และรวมทั้งคณาจารย์ นักศึกษาบัณฑิตศึกษา และบุคลากรทุกท่าน ที่มีส่วนที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดียิ่ง

คณะผู้วิจัย

มกราคม พ.ศ. 2561

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาในแพะลูกผสมเพศผู้น้ำหนักเฉลี่ย 23.0±0.5 กิโลกรัม ใช้แผนทดลองแบบ 4x4 จัตุรัสลาติน ให้ได้รับอาหารผสมเสร็จ 4 สูตรที่มีระดับกากผลปาล์มไขมันต่ำ 0, 10, 20 และ 30% ตามลำดับ ให้แพะได้รับอาหารผสมเสร็จอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้ง และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF และ ADF มีค่าแตกต่างกัน (P<0.05) ขณะที่ กับค่าความเป็นกรด–ด่าง BUN, NH_3–N, glucose, PCV มีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่ค่า Triglyceride และ Cholesterol มีแนวโน้มลดลง ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และสัดส่วนของของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิออนิค มีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) ส่วนประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจนมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า สามารถใช้กากผลปาล์มไขมันต่ำเป็นแหล่งพลังงานทดแทนกากผลปาล์มในอาหารผสมเสร็จระดับ 30% ได้ในสูตรอาหารแพะ

คำสำคัญ: กากผลปาล์มน้ำมัน กากผลปาล์มไขมันต่ำ การใช้ประโยชน์ของโภชนะ สูตรอาหารแพะ

Abstract

Four male crossbred goats, with average liveweight 23.0±0.5 kg were randomly assigned according to a 4x4 Latin square design to receive four total mixed rations (TMR) containing 0, 10, 20, and 30% of low fat oil palm meal (LFOPM), respectively. TMR was offered on *ad libitum* basis. Based on this experiment, there were significant differences (P<0.05) among treatments regarding DM intake and digestion coefficients of NDF and ADF. While ruminal pH BUN, NH_3–N, glucose, PCV concentration were unchanged by dietary treatments, whereas Triglyceride and Cholesterol concentration trended decrease with increasing the amount of LFOPM supplement. No differences were found on mean total ruminal VFA concentration, and molar proportion of butyrate and the ratio of C_2:C_3. Rumen microorganism populations and N balance were similar among treatments (P>0.05). Based on this study, LFOPM levels up to 30% in total mixed ration could be efficiently utilized for goats.

Keywords: Oil palm meal, low fat oil palm meal, nutrient digestibility, goat ration

สารบาญ

	เรื่อง	หน้า
	กิตติกรรมประกาศ	(ก)
	บทคัดย่อภาษาไทย	(ข)
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(ค)
	สารบาญ	(1)
	สารบาญตาราง	(2)
	สารบาญภาพ	(3)
บทที่ 1	1.1 บทนำ	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
	1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	3
	1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ	3
บทที่ 2	การตรวจเอกสาร	4
	2.1 การผลิตปาล์มน้ำมัน และผลพลอยได้	4
	2.2 แพะ และสถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย	8
	2.3 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	14
	2.4 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้กากผลปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารแพะ	17
บทที่ 3	อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	21
บทที่ 4	ผลการทดลอง และวิจารณ์	26
บทที่ 5	สรุปผลการทดลอง	40
บทที่ 6	เอกสารอ้างอิง	41
	ภาคผนวก	50

สารบาญตาราง

Table		Page
2.1	Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis)	5
2.2	Fatty acid compositions of palm oil products, soy oil and coconut oil	6
2.3	Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis)	7
2.4	Chemical composition of palm kernel cake (% DM) by methods of extraction process	8
2.5	Parameters in the normal goat from selected reports worldwide	13
3.1	Ingredients and chemical composition of goat diets containing increasing amounts of LFOPM (% DM basis)	22
4.1	Ingredients and chemical composition of the experimental diets, OPM and LFOPM	26
4.2	Feed intake of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	28
4.3	Nutrient digestibility and digestible nutrient intake of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	29
4.4	Rumen fermentation of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	31
4.5	Blood metabolites in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	32
4.6	Volatile fatty acid profiles in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	35
4.7	Rumen microbes in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM).	37
4.8	N balance of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)	39

สารบาญภาพ

Figure		Page
2.1	Anatomy of fresh fruit bunches (FFB) and cross section of a fruitlet	4
2.2	Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria	15
2.3	Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen	16
2.4	Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen	22

บทที่ 1

การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ

Utilization of Oil Palm Meal from Oil Extraction of Dry Method by Using Solvent in Goat Ration

1.1 บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ และปลูกกันมากทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งในกระบวนการแปรรูปในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มนั้นทำให้เกิดวัสดุเศษเหลือหรือผลพลอยได้จากปาล์ม และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มจำนวนมากที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น) โดยทั่วไปมีอยู่หลายชนิด และมีคุณภาพแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการสกัดน้ำมัน เช่น กากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) เป็นส่วนที่เหลือจากการหีบน้ำมันส่วนเปลือกผลปาล์ม กากเนื้อในเมล็ดปาล์ม (palm kernel meal, PKM หรือ palm kernel cake, PKC) เป็นส่วนที่เหลือจากการหีบน้ำมันส่วนเนื้อในเมล็ดปาล์ม และกากปาล์มน้ำมัน หรือกากปาล์มรวม หรือกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) เป็นส่วนที่เหลือจากการหีบน้ำมันผลปาล์มทั้งผล (จารุรัตน์, 2528) ซึ่งกากปาล์มชนิดนี้จะมีทั้งส่วนของเปลือก กะลา และเนื้อในเมล็ดปาล์มปนกันอยู่ ผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันปาล์มเหล่านี้มีศักยภาพในการนำมาใช้ โดยเฉพาะกากปาล์มน้ำมัน หรือกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKM หรือ PKC) ที่มีคุณค่าทางโภชนะในส่วนของโปรตีน และพลังงานที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ดี (จารุรัตน์, 2528; ปิ่น, 2558) โดยเฉพาะนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี เนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัวที่สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารคุณภาพต่ำ เช่น เศษเหลือทิ้งทางการเกษตรและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งเป็นสิ่งที่มนุษย์ และสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ มาเปลี่ยนเป็นแหล่งอาหารโปรตีนคุณภาพสูงในเนื้อ และนมได้ (ปิ่น, 2558)

อย่างไรก็ตาม กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันมาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน (หีบเปียก หรือ wet method) ซึ่งเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูง ประมาณ 30–80 ตัน/ชั่วโมง ผลพลอยได้ที่ได้มีคุณภาพดี เนื่องจากสกัดน้ำมันจากผลปาล์มด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียวอัดชนิดเกลียวคู่ (double screw, DS) ทำให้สามารถแยกน้ำมันปาล์มจากการหีบเส้นใยปาล์ม และน้ำมันจากเมล็ดในปาล์มจากการหีบเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ทำให้คุณภาพน้ำมันปาล์มที่ได้จึงสูงกว่า และและผลพลอยได้คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKC) ที่ได้สามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้ดีกว่าแบบ OPM ของกระบวนการสกัดแบบหีบแห้ง เนื่องจากไม่มีเศษกะลาปาล์ม และเส้นใยปะปนอยู่ในกากปาล์ม และมีน้ำมันตกค้างอยู่ใน PKC น้อยกว่าชนิด OPM ของกระบวนการหีบแห้ง เนื่องจากใช้เครื่องหีบน้ำมันปาล์มที่ทันสมัย และมีประสิทธิภาพดีกว่าโรงงานขนาดเล็ก

ปัจจุบัน มีโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก (หีบแห้ง หรือ dry method) หรือโรงงานหีบปาล์มระดับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีกำลังการผลิตค่อนข้างต่ำ ทำการผลิตโดยสกัดน้ำมันจากผลปาล์มทั้งผลด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียวอัดเดี่ยว (single screw, SC) จะได้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มจากเปลือก และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันที่ได้เรียกว่า น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม (mixed crude palm oil, MCPO) มีค่ากรดไขมันอิสระสูงมากกว่า 5% โดยน้ำหนัก (wt.%) ส่วนใหญ่มักจะขายให้บริษัทผลิตอาหารสัตว์ หรือเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานผสมในอาหารสัตว์ ส่วนผลพลอยได้ (by-products) จากการหีบคือกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) ที่เหลือจากกระบวนการหีบส่วนใหญ่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีส่วนประกอบของเยื่อใย และไขมันสูง แต่มีโปรตีนต่ำ เพราะเนื่องจากมีกากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) และเศษกะลาปาล์ม (palm nut shell, PNS) ปะปนอยู่ในกากผลปาล์มเป็นลักษณะผงคล้ายทราย ไม่กระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ จากการศึกษาเบื้องต้น ปิ่น (2558) พบว่ามีปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่ใน OPM สูง มากกว่า 15% ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ในระดับสูง จึงไม่นิยมนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม จากองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น OPM ดังกล่าวน่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนวัตถุดิบในสูตรอาหารที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลักได้บางส่วน

จึงเป็นประเด็นที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถแยก และสร้างระบบสกัดน้ำมันจาก OPM หลังจากผ่านกระบวนการหีบน้ำมันด้วยวิธีหีบแห้งจากเครื่องหีบน้ำมันปาล์มแบบเกลียวอัดเดี่ยว (SC) ด้วยวิธีตัวทำละลาย ซึ่งทำให้ได้น้ำมันจากการสกัดรอบที่สองจาก OPM ประมาณ 15-20% และผลพลอยได้ คือ กากผลปาล์มไขมันต่ำ (low fat oil palm meal, LFOPM หรือ defatted oil palm meal, DFOPM)) แล้วทำการแยกเศษกะลาที่ปะปนมาใน LFOPM ออกอีกครั้ง โดยสรุปผลพลอยได้ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของโครงงานวิจัยนี้คือ 1) น้ำมันกากผลปาล์ม และ 2) กากผลปาล์มไขมันต่ำ (low-fat oil palm meal, LFOPM) มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น แต่การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี และการใช้ประโยชน์ได้ของ LFOPM ในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีน้อยมาก โดยเฉพาะการใช้ในสูตรอาหารแพะ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลพลอยได้ LFOPM มาเปลี่ยนเป็นเนื้อ และนมที่มีมูลค่าสูง อันเป็นการนำวัตถุดิบในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเป็นการลดมลภาวะของกากเหลือทิ้งสู่สภาพแวดล้อม และลดต้นทุนในการกำจัดกากเศษเหลือดังกล่าวทิ้ง ซึ่งมีต้นทุนในการกำจัดที่สูง จากหลักการ และเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของ LFOPM ในสูตรอาหารแพะต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารแพะ ตลอดจนเผยแพร่ผลงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการวิจัย เพื่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านการเรียนการสอน และการประยุกต์ใช้ในการเพิ่มคุณภาพอาหารสัตว์เพื่อส่งเสริมการแปรรูป และพัฒนาคุณภาพอาหารสัตว์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการใช้ LFOPM ในสูตรอาหารแพะต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของ LFOPM และผลการเสริม LFOPM ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ประชากรจุลินทรีย์ และสมดุลไนโตรเจน

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของแผนงานวิจัย

การศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้ทรัพยากรอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพในท้องถิ่น (local feed resources) หรือวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตทางการเกษตร และอุตสาหกรรมเกษตรที่มีราคาถูก มาใช้ประโยชน์หรือทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาแพง หรือขาดแคลน เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้การผลิตสัตว์มีต้นทุนต่ำลง เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์สามารถแข่งขันได้ ซึ่ง OPM เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการหีบน้ำมันด้วยวิธีหีบแห้งจากเครื่องหีบน้ำมันปาล์มแบบเกลียวอัดเดี่ยว ปัจจุบันมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า OPM สามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงานได้ โดยมีสมมติฐานคือ

1. การใช้ LFOPM หรือ DFOPM ที่ได้จากวิธีหีบแห้งจากเครื่องหีบน้ำมันปาล์มแบบเกลียวอัดเดี่ยวด้วยวิธีตัวทำละลายสามารถนำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทให้พลังงาน เช่น ข้าวโพดในแพะได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อช่วยลดต้นทุน และเพิ่มการใช้วัตถุดิบที่เป็นเศษเหลือทางการเกษตรเป็นอาหารสัตว์ได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการกินได้ และสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

2. การเสริม LFOPM ที่ได้จากวิธีหีบแห้งจากเครื่องหีบน้ำมันปาล์มแบบเกลียวอัดเดี่ยวด้วยวิธีตัวทำละลายร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ เป็นอาหารข้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเนื้อ และนมสามารถปฏิบัติได้ โดยใช้อาหารสัตว์ในท้องถิ่น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่ใช้ประโยชน์จากผลการวิจัย

1.5.1 ได้ข้อมูลคุณค่าทางโภชนะของกากผลปาล์มก่อนและหลังจากผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันแล้วเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น

1.5.2 สามารถนำกากผลปาล์มก่อน และหลังจากผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันแล้วเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ เช่น โปรตีน ไขมัน เป็นต้น

1.5.3 ได้ข้อมูลแพะที่ใช้กากผลปาล์มก่อนและหลังจากผ่านกระบวนการสกัดน้ำมัน และใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ ในรูปแบบอาหารผสมครบส่วน (TMR) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเนื้อ และนมสามารถปฏิบัติได้โดยใช้อาหารสัตว์ในท้องถิ่น

ข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สามารถนำไปเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์รายย่อยในเขตภาคใต้ และภาคอื่นๆ และหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมปศุสัตว์ กรมอาชีวศึกษา และมหาวิทยาลัย รวมทั้งหน่วยงานอื่นๆ ที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตสัตว์ สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ได้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาเกี่ยวกับ **“การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ”** ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำเสนอตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.1 การผลิตปาล์มน้ำมัน และผลพลอยได้

2.2 แพะ และสถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

2.3 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.4 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้กากผลปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารแพะ

2.1 การผลิตปาล์มน้ำมันและผลพลอยได้

ปาล์มน้ำมัน หรือ oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) จัดเป็นพืชผสมข้าม ใบเลี้ยงเดี่ยว อยู่ในวงศ์ปาล์ม (Palmae ปัจจุบันเปลี่ยนชื่อเป็น Arecaceae) เป็นพืชยืนต้นที่สามารถให้ผลผลิตทะลายสดได้ตลอดทั้งปี มีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 24–30 เดือนหลังจากปลูก แต่ละต้นให้ทลายปาล์มสด 15 ทลาย แต่ละทลายมีน้ำหนักประมาณ 15–20 กิโลกรัมต่อทลาย ซึ่งจำนวน หรือน้ำหนักขึ้นกับวิธีการปลูก และอายุของปาล์ม ส่วนผล มีผลเป็นทะลายประกอบด้วยก้านทะลาย ช่อทะลาย และผล (fruitlets) มีประมาณ 1,000–1,300 ผลต่อทลาย แต่ละผลประกอบด้วยชั้นเปลือก (meoscarp layer) และชั้นกะลา (endocarp หรือ shell) ภายในมีเนื้อขาวๆ (kernel) (Figure 2.1)

Figure 2.1 Anatomy of fresh fruit bunches (FFB) and cross section of a fruitlet

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

การสกัดน้ำมันซึ่งมีอยู่ 2 แบบคือ แบบที่ 1) การหีบเมล็ดปาล์มทั้งผล วิธีนี้ผลพลอยได้คือ กากปาล์มน้ำมันที่ได้จะมีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงมาก (Table 2.1) มีคุณค่าทางอาหารต่ำไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่ยังมีศักยภาพสูงสามารถนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี (ปิ่น, 2558) และแบบที่ 2) เป็นการหีบโดยแยกเอาส่วนเปลือกไปหีบเอาน้ำมันส่วนหนึ่ง ในขณะเดียวกัน ส่วนเนื้อในเมล็ดก็นำมาหีบได้อีกส่วนหนึ่ง ซึ่งกากปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันจากส่วนเนื้อในรวมกะลา หรือเนื้อล้วนๆ นี้ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เดี่ยวได้ดีรวมทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้อง (วินัย และคณะ, 2526; จารุรัตน์, 2528)

Table 2.1 Chemical composition of oil palm by products (% dry matter basis)

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

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2544)

ดังนั้น การนำกากปาล์มน้ำมันมาพัฒนาเป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบอาหารสัตว์ เพราะนอกจากจะเป็นการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ที่เหลือใช้จากการผลิตน้ำมันแล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของกากปาล์มน้ำมันอีกด้วย โดยเฉพาะในภาวะที่มีการขาดวัตถุดิบอาหารสัตว์ หรือในช่วงที่วัตถุดิบประเภทอื่นมีราคาแพงได้

ชนิดของผลพลอยได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม

จินดา (2548) กล่าวว่า ในกระบวนการหีบน้ำมันปาล์มจะได้ผลผลิต 2 ประเภท คือ

1. ผลผลิตโดยตรง คือ น้ำมันปาล์มมีประมาณ 18-20% ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่ได้จากเปลือก เรียกว่า palm oil (PO) มีสีเข้ม และมีความหนืดตั้งแต่ระดับปานกลางจนถึงหนืดมาก และชนิดที่ได้จากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (palm kernel oil) มีสีจางกว่าชนิดแรก อาจมีสีเหลืองอมน้ำตาล และมีความหนืดระดับปานกลาง องค์ประกอบของน้ำมันปาล์มเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันถั่วเหลือง (Table 2.2)

จากข้อมูลการวิเคราะห์ชนิด และปริมาณของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันปาล์ม พบว่ามีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัว แสดงดัง Table 2.2 ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ของปราณี (2540) ซึ่งพบว่าในน้ำมันปาล์มประกอบด้วย กรดพาล์มิติก ปริมาณสูงสุด 38-52% ของกรดไขมันทั้งหมด รองลงมาคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอลีอิก (oleic acid) 34-46% และกรดไลโนลีอิก (linoleic acid) 8-17% ของกรดไขมันทั้งหมด และพบกรดไขมันชนิดอิ่มตัวพวกกรดสเตียริก (stearic acid, C18:0) กรดไมริสติก (myristic acid C14:0) กรดอราชิดิก (arachidic acid, C20:0) และกรดลอริก (lauric acid) กับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวพวกกรดพาล์มิโตลีอิก (palmitoleic acid, C16:1) และไลโนลีอิก อีกในปริมาณเล็กน้อย รวมกันประมาณ 10% ของกรดไขมันทั้งหมด

2. ผลพลอยได้ ได้แก่

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

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

Table 2.2 Fatty acid compositions of palm oil products, soy oil and coconut oil

Fatty acids	Weight percentage						
	Palm oil	Palm olein	Palm stearin	Palm kernel oil	Palm kernel olein	Coconut oil	Soy oil
C6:0	–	–	–	0.3	0.4	0.2	–
C8:0	–	–	–	4.4	5.4	8.0	–
C10:0	–	–	–	3.7	3.9	7.0	–
C12:0	0.2	0.2	0.3	48.3	49.5	48.2	–
C14:0	1.1	1.0	1.3	15.6	11.8	18.0	–
C16:0	44.0	39.8	55.0	7.8	8.4	8.5	6.5
C18:0	4.5	4.4	5.1	2.0	2.4	2.3	4.2
C18:1	39.2	42.5	29.5	15.1	22.8	5.7	28.0
C18:2	10.1	11.2	7.4	2.7	3.3	2.1	52.6
Others	0.8	0.9	0.7	0.1	0.1	–	8.0
Iodine Value	53.3	58.4	35.5	17.8	25.5	9.5	133.0

ที่มา: Salmiah (2000)

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

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

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

คุณค่าทางโภชนะของกากปาล์มน้ำมันและกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

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

กากปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการนำปาล์มทั้งผลมาสกัดน้ำมัน ส่วน PKC เป็นผลพลอยได้จากการนำเมล็ดปาล์ม ซึ่งแยกเอาส่วนของเปลือกนอกออกแล้วมาสกัดน้ำมัน ซึ่งคุณค่าทางโภชนะของกากผลปาล์ม และ PKC แสดงดัง Table 2.3 พบว่า PKC มีโปรตีนสูงกว่าแต่มีเยื่อใยต่ำกว่ากากปาล์มน้ำมัน อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบทางโภชนะของ PKC ขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ชนิด และพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการ และกรรมวิธีในการสกัดไขมัน เป็นต้น จากการศึกษาเปรียบเทียบส่วนประกอบทางโภชนะของ PKC ที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันโดยวิธีกล (หีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด) และวิธีสกัดโดยตัวทำละลายอินทรีย์ (การใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน) (Table 2.4) พบว่าวิธีสกัดมีผลต่อคุณค่าทางโภชนะของ PKC โดยพบว่า PKC ที่ได้จากการสกัดน้ำมันโดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จะมีปริมาณโปรตีนสูงกว่า และมีไขมันต่ำกว่าการสกัดน้ำมันโดยวิธีหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด ปริมาณน้ำมันที่เหลืออยู่จะมีผลต่อคุณภาพของ PKC ในการ

เก็บรักษา ความน่ากิน และการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ซึ่ง Hair–Bejo et al. (1995) กล่าวว่าในกรณีที่ปริมาณน้ำมันตกค้างมากกว่า 20% ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ส่งผลให้มีรสชาติไม่น่ากิน สัตว์จะปฏิเสธการกิน และระดับของทองแดงที่สูงสามารถก่อให้เกิดพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กโดยเฉพาะแกะ

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

Chemical composition (%)	Oil palm meal (OPM)	Palm kernel cake (PKC)
Moisture	12.82	9.67
Crude prottein	7.08	10.18
Ether extract	6.91	10.22
Crude fiber	30.51	21.14
Ash	4.55	4.25
Calcium	–	0.25
Aviable phosphorus	–	0.58

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2544)

ในประเทศไทยโรงงานส่วนใหญ่สกัดน้ำมันปาล์มโดยวิธีหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด และยังไม่สามารถแยกกะลาออกได้หมด ดังนั้น PKC ที่ได้จึงมีโปรตีนต่ำ และเยื่อใยสูง คือมีโปรตีนประมาณ 10.8% ไขมัน 10.3% และเยื่อใย 27.2% (จารุรัตน์, 2528) แต่มีความสมดุลของแคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกว่าผลพลอยได้จากเมล็ดพืชน้ำมันอื่นๆ ขณะที่ มีกรดแอมิโนอาร์จินีนสูง (arginine) แต่มีกรดแอมิโนเมทไธโอนีน (methionine) ไลซีน (lysine) ทริพโทเฟน (tryptophan) และกรดไขมันลิโนเลอิก (linoleic acid) อยู่ในปริมาณจำกัด (Yeong, 1982) และเนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับความน่ากินเพราะมีลักษณะแห้ง และอาจมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น กะลา ตลอดจนมีปริมาณเยื่อใยอยู่ในปริมาณสูงประมาณ 15% ทำให้การย่อยได้ของสัตว์ลดลง จึงไม่นิยมใช้เป็นอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว (อุทัย, 2529; สุธา และวินัย, 2539; Ahmad, 1985; Yusoff et al., 1985) นอกจากนี้ ปัญหาสำคัญ 2 ประการในการนำใช้ PKC (Hair–Bejo et al., 1995) คือ

1) มีน้ำมันตกค้างอยู่ใน PKC สูง และปริมาณของทองแดง (cupper, Cu) ในกรณีที่ปริมาณน้ำมันตกค้างมากกว่า 20% ทำให้เกิดกลิ่นหืน (rancidity) ทำให้อาหารมีรสชาติไม่น่ากิน สัตว์จะปฏิเสธการกิน

2) ระดับของทองแดงที่สูงสามารถก่อให้เกิดพิษต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กโดยเฉพาะแกะ อย่างไรก็ตาม ความเป็นพิษของทองแดงในสัตว์ใหญ่ เช่น โค และกระบือยังไม่ชัดเจน

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า โค และกระบือที่ได้รับ PKC เป็นอาหารเสริม หรืออาหารหลักช่วยเพิ่มสมรรถนะการเจริญเติบโต (Hutagalung and Mahyuddin, 1985; Jelan et al., 1991) สอดคล้องกับ Hair–Bejo et al. (1995) ที่รายงานว่า กระบือที่ได้รับ PKC เต็มที่ (100% PKC) มีระดับของ Cu และ Zn สะสมในตับ และ adrenal cortex มากกว่ากระบือกลุ่มที่ได้รับอาหารปกติ 2 เท่า แต่ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต หรืออัตราการตายของสัตว์

Table 2.4 Chemical composition of palm kernel cake (% DM) by methods of extraction process

Processing	Nutrients (%)								Reference
	Moist.	CP	EE	CF	Ash	Ca	P	GE (kcal/g)	
Screw press	6.1	13.7	16.7	15.1	3.1	0.18	0.69	5.48(GE)	วินัย และคณะ (2528)
	5.1	14.1	23.7	16.2	3.2	0.22	0.56	5.44(GE)	ทวีศักดิ์ (2529)
	6.1	13.5	16.1	15.1	3.1	0.20	0.70	5.58(GE)	เสาวนิต และคณะ (2530)
	7.1	12.7	10.8	15.2	3.3	0.24	0.58	4.83(GE)	นิวัต (2531)
	7.2	15.5	11.2	15.7	4.5	0.27	0.61	5.04(GE)	ประพจน์ (2543)
	–	13.4	22.6	15.4		0.26	0.18	3.9 (ME)	กรมปศุสัตว์ (2544)
	8.69	17.6	10.1	14.2	2.8	0.26	0.63	–	Panigrahi and Powell (1991)
	10.9	16.0	10.6	16.8	4.1	–	–	12.18(ME)[4]	UPM[1]
	7.0	14.8	9.8	15.7	4.2	0.20	0.32	11.66(ME)[4]	MARDI[2]
	7.3	14.6	9.09	12.1	4.3	0.21	0.52	12.53(ME)[4]	DVS[3]
	9.4	18.3	7.98	16.3	4.5	–	–	–	Onifade and Babatunde (1998)
	4.1	14.2	9.4	27.7	3.9	–	–	–	Chanjula et al. (2010)
Solvent	10.0	20.5	1.6	15.7	4.0	0.29	0.22	2.11(ME)	อุทัย (2529)
extracted	–	18.5	1.5	14.2	–	0.26	0.20	2.62(ME)	กรมปศุสัตว์ (2544)
	–	18.7	6.4	12.9	4.8	0.18	0.74	4.46(GE)	Oluyemi et al. (1976)
	10.6	20	2	16.5	6.8	–	–	2.15(ME)	Nwokolo (1977)
	9.7	16.0	0.8	15.7	4.0	0.29	0.79	3.72(GE)	Yeong (1982)
	11.2	6.8	2.5	20.5	5.8	0.2	0.30	–	Ahmad (1985)
	8.7	19.2	7.9	11.2	5.1	–	–	2.64(ME)	Onwudike (1986)
	–	20	8.0	15.0	5	0.3	0.50	1.9(ME)	Ravidran and Blair (1992)
	9.0	15.0	0.9	15.6	3.5			13.05(ME)[4]	UPM[1]
	8.0	15.2	1.8	16.0	3.8	0.26	0.52	12.18(ME)[4]	MARDI[2]
	11.0	15.3	2.9	14.3	4.1	0.2	0.54	13.05(ME)[4/]	DVS[3]

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

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

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

[4] MJ/kg

2.2 แพะและสถานการณ์การผลิตแพะในประเทศไทย

แพะมีชื่อวิทยาศาสตร์ (*Capra hircus*) และมีชื่อสามัญที่เรียกทั่วไปว่า domestic goat แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่มีความสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดีมีความทนทานต่อสภาพทุรกันดารในสภาพชนบท แพะยังเป็นสัตว์ที่มีความสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นใบไม้ หญ้า (บุญเสริม, 2546) แต่ที่น่าสนใจคือ แพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือจากการเกษตร เช่น ส่วนของลำต้น เปลือก และฝัก ซึ่งสัตว์ประเภทอื่นนำสิ่งเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้น้อย หรือจำกัด และใช้แหล่งอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี

สถานภาพการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีมานานแล้ว มีการเลี้ยงกระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ส่วนใหญ่เลี้ยงเพื่อใช้ในการบริโภคทั้งเนื้อ และนม แต่นิยมเลี้ยงกันมากในภาคใต้ โดยพบในหมู่ชุมชนชาวมุสลิม (ประมาณ 95%) (วินัย, 2542) คนไทยเชื้อสายจีน คนไทยเชื้อสายอินเดีย และปากีสถาน แต่ก็เป็นส่วนน้อย ซึ่งการเลี้ยงยังเป็นอาชีพรอง หรืออาชีพเสริมเท่านั้น

จากข้อมูลศักยภาพการผลิตแพะ พบว่าแพะมีการขยายตัว และมีการเพิ่มจำนวนของแพะในช่วง ปี พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2558 โดยในปี พ.ศ. 2557 พบว่ามีแพะจำนวน 468,377 ตัว และในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีแพะเพิ่มขึ้นเป็น 539,583 ตัว โดยมีจำนวนเพิ่มขึ้น 15.20% ในจำนวนแพะ 539,583 ตัว จำแนกออกเป็นแพะเนื้อจำนวน 515,093 ตัว โดยคิดเป็น 95.46 % และแพะนมจำนวน 24,490 ตัว คิดเป็น 4.54% (กรมปศุสัตว์, 2558) เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายภาค พบว่าภาคใต้มีแพะมากที่สุด (53%) รองลงมาคือ ภาคกลาง (24.7%) ภาคเหนือ (20.3%) และภาคตะวันออกเฉียงเหนือต่ำสุด (2.3%) ตามลำดับ

ลักษณะของแพะพื้นเมืองภาคใต้

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

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

รูปแบบการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

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

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

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

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

และ 4) การเลี้ยงผสมผสานกับการปลูกพืช (integration with tree plantation) การเลี้ยงแบบนี้ทำได้ 3 ลักษณะ ดังกล่าว แต่จะเลี้ยงแพะปะปนกับการปลูกพืช เช่น ปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมันและปลูกมะพร้าว เกษตรในภาคใต้จำนวนมากที่เลี้ยงแพะควบคู่ไปกับการทำสวนยางพารา แต่ส่วนใหญ่ พบว่าการเลี้ยงแพะของเกษตรกรเกือบทั้งหมดคือ 95% ซึ่งเลี้ยงไว้ 2–5 ตัว นิยมเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการเลี้ยงแบบตามยถากรรม ไม่มีคอกแพะให้อยู่อาศัยทุกตัวที่เลี้ยงจะต้องช่วยตัวเองทุกอย่างเพื่อความอยู่รอดชีวิต เสาะหาหญ้า ใบไม้ หรือสิ่งที่กินได้ด้วยตัวเอง หาที่นอน หรืออาศัยหลบแดด บังฝนเอง ส่วนใหญ่ได้แก่ใต้ถุนเรือน หรือยุ้งฉาง และใต้ร่มไม้ชายคา กรณี ที่เลี้ยงมากกว่า 6 ตัว แต่ไม่เกิน 10 ตัว ผู้เลี้ยงอาจทำคอกที่อยู่อาศัยบ้างเพียงบังแดด และฝนเท่านั้น องค์ประกอบอื่นไม่มี แต่สำหรับผู้เลี้ยงมากกว่า 10 ตัว จะปลูกสร้างคอกแข็งแรงมั่นคง และเป็นคอกขังแบบรวม

อาหาร และประสิทธิภาพในการใช้อาหารของแพะ

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

1. อาหารหยาบ (roughage)

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

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

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

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

2. อาหารข้น (concentrate)

อาหารข้นเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะต่อน้ำหนักสูง แต่มีปริมาณเยื่อใยต่ำ (น้อยกว่า 18%) สามารถย่อยได้ง่าย สัตว์กินเข้าไปเพียงเล็กน้อยก็ได้สารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก ในการเลี้ยงแพะควรให้อาหารหยาบอย่างเต็มที่แล้วเสริมอาหารข้นเพื่อให้ได้รับโภชนะในส่วนที่ขาดไปให้เพียงพอกับความต้องการ การเสริมอาหารข้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูง ยิ่งสัตว์ให้ผลผลิตสูงเท่าใดก็ยิ่งต้องการอาหารข้นมากขึ้นเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากสัตว์มีความต้องการโภชนะสูง การได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียวแม้ว่าจะเป็นอาหารหยาบคุณภาพดีและให้กินเต็มที่ ก็ยังไม่สามารถให้โภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกายได้ (บุญเสริม และคณะ, 2527) อาหารข้นที่สำคัญได้แก่ วัตถุดิบอาหารสัตว์หลายชนิด เช่น รำ ปลายข้าว ข้าวโพด ปลาป่น กากถั่ว กากมะพร้าว เป็นต้น รวมทั้งอาหารแร่ธาตุ และวิตามินต่างๆ อาหารข้นเป็นอาหารที่คุณค่าทางอาหารสูง ทำให้สัตว์โตเร็ว (สุชาติ, 2532) อาหารข้นแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) พวกที่เป็นแหล่งพลังงาน 2) พวกที่เป็นแหล่งโปรตีน และ 3) พวกที่เป็นแหล่งแร่ธาตุ และวิตามิน

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งที่แพะได้รับต่อวัน

ความสามารถในการกินได้ของแพะและสัตว์กระเพาะเคี้ยวเอื้องอื่นๆ ปัจจัยที่ควบคุมในการกินได้คือ ระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system, CNS) และสัญญาต่างๆ เช่น การเข็นรถอาหารเมื่อถึงเวลาให้อาหาร การกินได้ของแพะจะถูกควบคุมโดยระดับพลังงานที่ได้รับเพียงพอร่วมกับระดับของ peptide hormone ปริมาณวัตถุแห้งที่แพะได้รับต่อวันในระดับอัตรา 1.5-1.6% ของน้ำหนักตัว (Devendra, 1980) มีค่าใกล้เคียงกับความต้องการเพื่อการดำรงชีพของแพะพื้นเมืองของมาเลเซียเท่ากับ 1.7% ของน้ำหนักตัว (Devendra, 1967) และ 1.8% ของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำ ซึ่งต่ำกว่าผลการศึกษาของ Majamdar (1960) รายงานว่า การกินได้ของวัตถุแห้งสูงถึง 2.1-2.8% ของน้ำหนักตัวเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำ

ความแตกต่างในการกินได้ของวัตถุแห้งของแพะที่โตเต็มวัยในเขตร้อนสำหรับการดำรงชีพ และเพื่อกิจกรรมอื่นๆ พบว่าแพะพื้นเมือง (indigenous goats) ทั้งพันธุ์เนื้อ และพันธุ์นมต้องการวัตถุแห้งในระดับ 1.8-4.7% ของน้ำหนักตัวเท่ากับ 40.5-131.0 g/kg $W^{0.75}$/d และความต้องการเพื่อการดำรงชีพพบว่า อยู่ในระดับต่ำเพียง 1.4-1.7% ของน้ำหนักตัว หรือเท่ากับ 43.5-46.9 g/kg$W^{0.75}$/d (Devendra, 1982a) ปริมาณการกินได้ของแพะในระยะอุ้มท้องพบว่า แพะพันธุ์ Kambing Katjang ต้องการอาหาร (หญ้าสด+อาหารข้น) คิดเป็น

น้ำหนักแห้ง 2.53% ของน้ำหนักตัว ความต้องการดังกล่าว พบว่าการได้รับไนโตรเจน และน้ำหนักตัวสัตว์ไม่มีความสัมพันธ์กับการกินได้ของสัตว์ แต่พลังงานที่ย่อยได้ (digestible energy, DE) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable enery, ME) ที่ได้รับเป็นปัจจัยสำคัญต่อที่มีผลต่อการกินได้ (Devendra, 1982a)

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

ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารของแพะ

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

จากรายงานการศึกษาของ Devendra (1982b) พบว่าการใช้ Cr_2O_3 เป็นตัวทำเครื่องหมาย ระยะเวลาที่อาหารอยู่ในระบบทางเดินอาหารของแพะยาวนานกว่าของแกะอย่างมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ประมาณ 7.3 ชั่วโมง ส่วนอัตราการหมักในกระเพาะรูเมน (rumen fermentation) เป็นปัจจัยหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้อาหารหยาบของแพะ แพะจะมีอัตราการหมักในกระเพาะรูเมนที่สูงกว่าแกะในอาหารหยาบคุณภาพต่ำ (El–Hag, 1976) แพะกินอาหารดีกว่าถึง 8.1 ครั้งต่อวันเมื่อเปรียบเทียบกับแกะเพียง 6.0 ครั้งต่อวัน แต่มีรายงาน พบว่าอัตราการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะ และแกะไม่แตกต่างกันจากการศึกษาในเคนยา (Kenya) นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้นที่มีผลต่อความสามารถในการใช้อาหารที่มีประสิทธิภาพของแพะ ความแตกต่างในการขับน้ำลายซึ่งรวมทั้งวัฏจักรของยูเรีย (urea cycle) ที่สูงกว่าของแพะย่อมมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารที่สูงกว่าของแพะ Seth et al. (1976) พบว่าเมื่อให้อาหารชนิดเดียวกัน แพะหลั่งน้ำลายมากกว่าแกะ ขณะที่ Harmeyer and Martens (1980) กล่าวว่าแพะมีความสามารถหลั่งน้ำลายได้มาก ทำให้สามารถนำยูเรียมาใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แพะจึงสามารถทนต่ออาหารที่มีคุณภาพต่ำ และการใช้อาหารที่มีระดับไนโตรเจนต่ำได้ดีกว่าแกะ นอกจากนี้ แพะยังสามารถแยกแยะรสชาติต่างๆ ได้ดีกว่าแกะ โดยแพะสามารถทนต่อรสขมได้ดีกว่าแกะและโค (Goatcher and Church, 1970)

ข้อมูลทั่วไปทางสรีรวิทยาและชีวเคมีของเลือดแพะ

ระดับปกติของ serum albumin ในแพะที่รายงานอยู่ในช่วง 2.7–3.9 g/dl (Kaneko, 1980) การสูญเสียการทำหน้าที่ของตับสามารถเกิดขึ้นได้จากสภาวะกลูโคสในเลือดต่ำ (hypoglycemia) โดยปกติระดับของกลูโคสในเลือดในแพะที่มีรายงานอยู่ในช่วง 50–75 mg/dl (Kaneko, 1980) (Table 2.5)

Table 2.5 Parameters in the normal goat from selected reports worldwide

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

ที่มา: Lloyd (1982); Kaneko (1980); [1] mg/dL = mmol/L * 0.0555; [2] µmol/L = mmol/L * 0.59; [3] mg/dL = mmol/L * 0.357.

เมื่อแพะอยู่ในสภาพสมดุลพลังงานเป็นลบ (negative energy balance) มักเกิดในช่วง pregnancy toxemia หรือ lactational ketosis ตับจะเพิ่มการผลิตสาร ketone bodies ซึ่งสามารถตรวจพบได้ใน serum น้ำนมหรือปัสสาวะ ส่วนระดับแอมโมเนียในกระแสเลือด (blood ammonia) สามารถตรวจพบได้บ่อยๆ แต่มีค่าไม่แน่นอน มีรายงานว่าแอมโมเนียในกระแสเลือดมีค่าเพิ่มขึ้นในแพะที่เป็นโรคเกี่ยวกับตับ (liver disease) โดยเฉพาะเมื่อปรากฏอาการ neurologic signs ซึ่งเกี่ยวข้องกับอาการเกิด hypoglycemia, hyperammonemia, accumulation of neurotoxic substances มีผลทำให้ระบบการกำจัดสารพิษของตับล้มเหลว (failure of liver detoxification) ระดับแอมโมเนียในกระแสเลือดโดยเฉลี่ยในแพะปกติที่มีการรายงานอยู่ในช่วง 40.2–43.7 mmol/l (Kaneko, 1980) หรือประมาณ 23.71–25.78 µmol/L

2.3 บทบาทของจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีวิวัฒนาการและพัฒนาการที่มีความเฉพาะตัว โดยมีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารเยื่อใย (dietary fiber) ซึ่งสัตว์ทั่วไปโดยเฉพาะสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยอาศัยการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อรา (fungi) ซึ่งในกระเพาะรูเมน ประกอบไปด้วยชนิดของแบคทีเรียที่สำคัญหลักอย่างน้อย 30 ชนิด (species) และมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 10^{10}–10^{12} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวในรูเมน มีโปรโตซัว 40 ชนิด (species) มีความเข้มข้น 10^{5}–10^{7} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของของเหลวรูเมน และมีเชื้อรา 5 ชนิด (species) มีความเข้นข้นน้อยกว่า 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตรของเหลวในกระเพาะรูเมน ซึ่งพบว่าแบคทีเรียมีบทบาท และความสำคัญมากกว่าโปรโตซัว และเชื้อราต่ออัตรา และขอบเขตของการย่อยสลายอาหารเยื่อใย การผลิตกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดจะถูกดูดซึมผ่านพนังของรูเมนเป็นส่วนใหญ่ประมาณ 85% เพื่อใช้เป็นแหล่งหลักของพลังงาน ส่วนจุลินทรีย์โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ตลอดจนส่วนของโภชนะของอาหารที่เหลือ จะไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนเข้าสู่ทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยเฉพาะที่ลำไส้เล็ก เพื่อการย่อยสลาย และการดูดซึมใช้ในตัวสัตว์ต่อไป (Ghorbani et al., 2002)

นอกจากนี้ จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนยังสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งโปรตีนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช้โปรตีนแท้ (non–protein nitrogen, NPN) โดยจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีถ้าสภาพภายในกระเพาะรูเมนมีความเป็นกรด–ด่าง (rumen pH) ที่เหมาะสม คือ อยู่ในช่วง 6.5–7.0 และมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 39–40 องศาเซลเซียส ทำให้ทั้งแบคทีเรีย โปรโตซัวและเชื้อรา สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วและเหมาะสมต่อการย่อยอาหาร (เมธา, 2533) จากการรายงานของ Satter and Slyter (1974) พบว่านอกจากความเป็นกรด–ด่างในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมแล้ว ระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนก็มีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 4–5 mg% ส่วน Song and Kennelly (1990) พบว่าระดับแอมโมเนีย–ไนโตรเจนที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 15–20 mg% ที่จะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายและกระบวนการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนที่เหมาะสม

เมแทบอลิซึมของโปรตีนในกระเพาะรูเมน

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

ซึ่งการย่อยและการเมทธาโบลิซึมของสารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Figure 2.2) ได้เป็น peptide กรดแอมิโน และแอมโมเนีย ต่อจากนั้นจะมีการสลายตัวกรดแอมิโนส่วนหนึ่งโดยกระบวนการ deamination โดยอาศัยเอ็นไซม์จากจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนีย และ α–keto acid (เมธา, 2533) แล้วจุลินทรีย์หรือตัวสัตว์เองจะนำไปใช้ประโยชน์สังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน เมธา (2533) กล่าวว่า 80% ของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ถูกสังเคราะห์โดยการใช้แอมโมเนีย ส่วนอีก 20% ใช้กรดแอมิโนโดยตรง ส่วน α–keto acid อาจ

ถูกสลายตัวต่อไปเพื่อใช้ในการสร้างสารประกอบอื่นๆ หรือเป็นแหล่งพลังงาน เช่น acetic, propionic, butyric, iso–butyric และ iso–valeric เป็นต้น

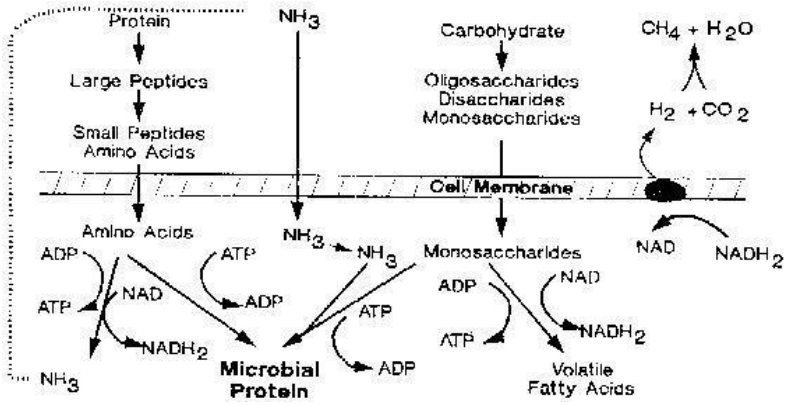

Figure 2.2 Utilization of protein and carbohydrates by rumen bacteria

ที่มา: Nocek and Russell (1988)

เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ซึ่งอยู่ในรูปของโพลิแซ็กคาร์ไรด์ จะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะรูเมนได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดียว เช่น กลูโคส หรือเพนโตส โดยผ่านวิถีต่างๆ จากนั้นกลูโคสหรือเพนโตสจะถูกหมักในกระเพาะรูเมนอย่างรวดเร็ว และถูกสังเคราะห์ไปเป็นกรดไพรูวิค (pyruvic acid) หรือไพรูเวท (pyruvate) ซึ่งเป็นตัวกลางที่สำคัญในการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ ประมาณ 60% ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFAs) ซึ่งเป็นผลผลิตสุดท้าย (end–products) ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติค (acetic acid, C_2) กรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) กรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) เป็นหลัก (Figure 2.3) และกรดวาลาริค (valeric acid, C_5) ไอโซวาลาริค (isovaleric acid) และไอโซบิวทีริค (isobutyric acid) อาจพบบ้างแต่ในปริมาณน้อย ซึ่งสัตว์จะดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป จากการศึกษาพบว่า น้ำตาลจะถูกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รองลงมาคือแป้ง และพวกที่เป็นโครงสร้างของผนังเซลล์พืช เช่น เซลยูโลส และเฮมไมเซลยูโลส จะถูกเปลี่ยนแปลงช้าที่สุด นอกจากนี้ ยังมีแก๊ซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แก๊ซเมทเธน (CH_4) และความร้อนมีประมาณ 20% (ME) ส่วนพลังงานที่ผลิตได้ในรูป ATP จากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ

1) ใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์

2) ใช้เป็นแหล่งพลังงานเพื่อการดำรงชีพ Nocek and Russell (1988) กล่าวว่า ตัวที่จำกัดการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ที่สำคัญคือ พลังงาน ดังนั้น อาหารโคนมจึงต้องมีโภชนะพลังงานแก่จุลินทรีย์อย่างเพียงพอ และในสัดส่วนที่เหมาะสมกันจึงจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงสุด

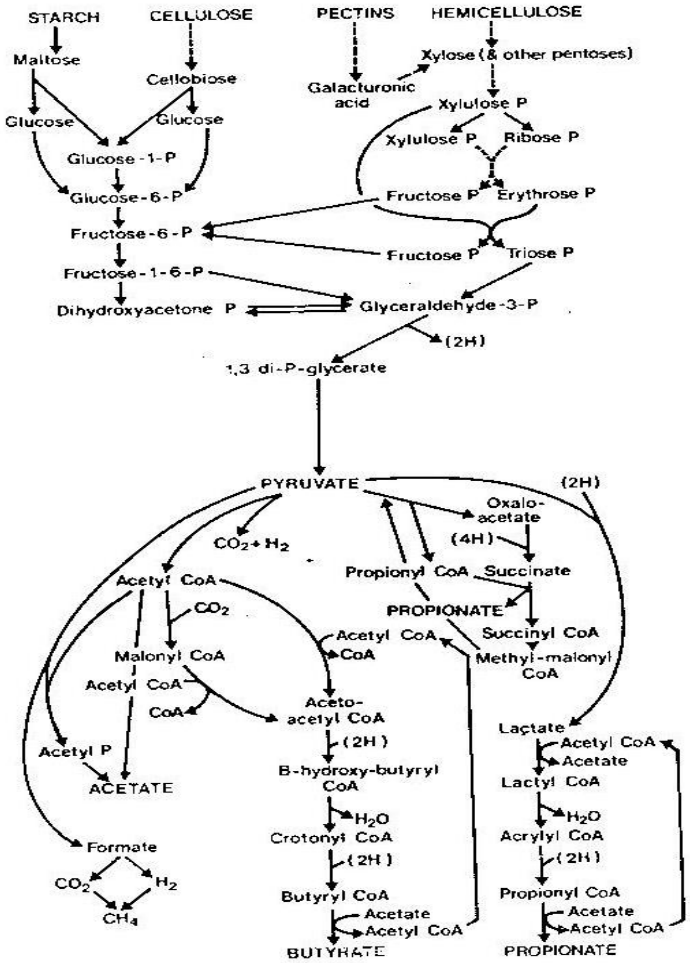

Figure 2.3 Outline of the pathways of carbohydrate in the rumen

ที่มา: Preston and Leng (1987)

การสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะรูเมนสังเคราะห์จากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ที่ได้จากการย่อย สลายโปรตีนหรือพวกที่อยู่ในรูปอิสระ อย่างไรก็ตาม พบว่าแอมโมเนียที่หมุนเวียนอยู่ภายใน กระเพาะรูเมนเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักในการสังเคราะห์โปรตีนเช่นกัน Al-Rabbat et al. (1971) รายงานว่า 61% ของจุลินทรีย์โปรตีนมาจากแอมโมเนีย และ 39% มาจากกรดแอมมิโน และเปปไทด์ อย่างไรก็ตาม Maeng et al. (1976) รายงานว่า สัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างแอมโมเนีย และกรดแอมมิโนในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนคือ 75% แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และ 25% กรดแอมมิโน-ไนโตรเจน นอกจากนี้ พลังงาน ATP ที่สัตว์ได้รับ ซึ่งได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จุลินทรีย์โปรตีนเมื่อถูกย่อยสลายที่กระเพาะจริง และลำไส้เล็ก จะมีผลต่อองค์ประกอบของกรดแอมมิโนที่ได้ เนื่องจากจุลินทรีย์มีความสามารถในการใช้แหล่งไนโตรเจนที่แตกต่างกัน เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีนในเซลล์ ฉลอง (2541) รายงานว่าปริมาณไนโตรเจนในจุลินทรีย์เท่ากับ 36-49% โปรตีน ซึ่ง 85% ของทั้งหมดจะอยู่ในรูปของโปรตีนแท้ โปรตีนในตัวจุลินทรีย์เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง โดยโปรโตซัวมี

การย่อยได้ดีกว่าแบคทีเรีย แม้ว่าค่า biological value (BV) ของโปรตีนของโปรโตซัว และแบคทีเรียจะไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อคิดเป็นค่า net protein utilization (NPU) พบว่าโปรโตซัวมีค่าสูงกว่าแบคทีเรีย

2.4 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องการใช้กากผลปาล์มน้ำมัน และกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันในอาหารแพะ

พิชัย (2534) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันระดับ 0, 15, 30 และ 45% ของวัตถุแห้ง ในแพะลูกผสมเพศผู้ตอนหลังหย่านม โดยได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นอาหารพื้นฐาน พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เมื่อมีการเพิ่มระดับของกากปาล์มน้ำมันในอาหารข้นสูงขึ้น ส่วนอัตราการเจริญเติบโต และ % ซากของแพะไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหาร พบว่า แพะที่ได้รับฟางหมักเสริมด้วยอาหารข้นที่ไม่ผสมกากปาล์มน้ำมันใช้ต้นทุนสูงที่สุดคือ 12.57 บาทต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม ส่วนแพะที่ได้รับฟางหมักเสริมด้วยอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมัน 15, 30 และ 45% มีต้นทุน 9.08, 10.00 และ 8.76 บาทต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังนั้น ในการเลี้ยงแพะลูกผสมหลังหย่านมโดยใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นอาหารหยาบหลัก จึงแนะนำให้ใช้อาหารข้นที่มีกากปาล์มน้ำมัน 30% ในสูตรอาหารเนื่องจากมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการเสริมกากปาล์มน้ำมันระดับอื่นๆ ในอาหารข้น ซึ่งสอดคล้องกับ สุมิตรา (2543) ศึกษาการใช้เศษเหลือจากรวงข้าวเสริม PKC ที่ระดับ 0, 15, 30 และ 45% หมักยูเรียเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง–แองโกลนูเบียน พบว่าแพะที่ได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวเสริม PKC 30% หมักด้วยยูเรียมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน สูงสุด (62.02%)

สายันต์ (2547) ศึกษาการใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วย PKC ระดับ ต่างๆ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรียเสริมกากน้ำตาลในอาหารแพะเพศผู้ลูกผสม (พันธุ์พื้นเมืองไทย x พันธุ์แองโกลนูเบียน 50%) โดยให้แพะได้รับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6% เสริมกากน้ำตาล แบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วย PKC 0, 25, 50, 75 และ 100% ในระดับ 1% ของน้ำหนักตัว พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอาหารที่กินได้ต่อ%น้ำหนักตัว พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ไม่มี PKC มีปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ย 2.86% ของน้ำหนักตัว สูงกว่าที่ได้รับอาหารข้นที่มี PKC 75 และ 100% เมื่อพิจารณาอัตราการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วย PKC 0 และ 25% มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 29.78 และ 27.56 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วย PKC 50, 75 และ 100% (24.00, 19.72 และ 18.00 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) ดังนั้น การนำเศษเหลือจากรวงข้าวหมักยูเรีย 6% เสริมกากน้ำตาล มาใช้เป็นอาหารหยาบพื้นฐานในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย–แองโกลนูเบียน 50% เพศผู้หลังหย่านมเสริมด้วยอาหารข้นที่ประกอบด้วย PKC นั้น ควรใช้ PKC ไม่เกิน 25% ในสูตรอาหาร ขณะที่ อารีย์วรรณ และคณะ (2554) ศึกษาผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้น 15, 25, 35, 45 และ 55% ตามลำดับ โดยให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลอง พบว่าปริมาณการกินได้ทั้งหมดของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนินแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 4 และ 5 (PKC >35%) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องจากระดับเยื่อใย และไขมันที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง NRC (2001) รายงานว่า ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินอาหารได้

ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ พิชัย (2534) ที่รายงานว่า การเสริมอาหารข้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30% ของวัตถุแห้ง ทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง ($P<0.05$) ขณะที่ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมพื้นเมืองแองโกลนูเบียน 50% (สุมิตรา, 2543) ขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดและกลูโคสในเลือดมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์ และประสิทธิภาพการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกัน ($P>0.05$) แต่การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยสูตรที่ 4 และ 5 (PKC >35%) ที่มีการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มอื่น จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า สามารถใช้ PKC ได้ 15-35% ในสูตรอาหารแพะ (อารีย์วรรณ และคณะ, 2553)

สุภิญญา และคณะ (2554) ศึกษาผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพารา (RSK) 3 ระดับ (0, 20 และ 30%) และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) 2 ระดับ (20 และ 30%) ในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะ ให้แพะได้รับหญ้าซิกแนลแห้งอย่างเต็มที่ ผลการทดลองพบว่ามีอิทธิพลร่วมของ RSK และ PKC ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด (kg/d) ($P<0.05$) และแพะที่ได้รับ RSK ระดับ 30% มีค่าต่ำกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระดับ 0 และ 20% ตามลำดับ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุและโปรตีน) กรด-ด่างและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน พบว่าทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ค่ายูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดและค่ากลูโคสในกระแสเลือด มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ทำนองเดียวกับค่า ขณะที่ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ประชากรจุลินทรีย์ตลอดจนการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) จากผลการทดลองนี้สามารถใช้ RSK ระดับ 20% ร่วมกับ PKC ระดับ 20-30% ในสูตรอาหารข้นแพะ (ปิ่น และสุภิญญา, 2555)

อย่างไรก็ตาม กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันมาจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันปาล์มแบบมาตรฐาน (หีบเปียก หรือ wet method) ซึ่งเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตสูง ประมาณ 30-80 ตัน/ชั่วโมง ผลพลอยได้ที่ได้มีคุณภาพดี เนื่องจากสกัดน้ำมันจากผลปาล์มด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียวอัดชนิดเกลียวคู่ (double screw, DS) ทำให้สามารถแยกน้ำมันปาล์มจากการหีบเส้นใยปาล์ม และน้ำมันจากเมล็ดในปาล์มจากการหีบเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน ทำให้คุณภาพน้ำมันปาล์มที่ได้จึงสูงกว่า และและผลพลอยได้คือ กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน (PKC) ที่ได้สามารถนำไปทำเป็นอาหารสัตว์ได้กากปาล์มน้ำมัน หรือกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) ของกระบวนการสกัดแบบหีบแห้ง เนื่องจากไม่มีเศษกะลาปาล์ม และเส้นใยปะปนอยู่ในกากปาล์ม และมีน้ำมันตกค้างอยู่ใน PKC น้อยกว่า OPM ของกระบวนการหีบแห้ง เนื่องจากใช้เครื่องหีบน้ำมันปาล์มที่ทันสมัย และมีประสิทธิภาพดีกว่าโรงงานขนาดเล็กปัจจุบัน มีโรงงานผลิตน้ำมันปาล์มขนาดเล็ก (หีบแห้ง หรือ dry method) หรือโรงงานหีบปาล์มระดับวิสาหกิจชุมชน ซึ่งมีกำลังการผลิตค่อนข้างต่ำ ทำการผลิตโดยสกัดน้ำมันจากผลปาล์มทั้งผลด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียวอัดเดี่ยว (single screw, SC) จะได้น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มจากเปลือก และน้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม น้ำมันที่ได้เรียกว่า น้ำมันปาล์มดิบชนิดหีบรวม (mixed crude palm oil, MCPO) มีค่ากรดไขมันอิสระสูงมากกว่า 5% โดยน้ำหนัก สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ได้ดี ส่วนผลพลอยได้ (by-

products) จากการหีบคือ กากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) ที่เหลือจากกระบวนการหีบส่วนใหญ่จะนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีส่วนประกอบของเยื่อใย และไขมันสูง แต่มีโปรตีนต่ำ เพราะเนื่องจากมีกากเยื่อใยปาล์ม (palm press fiber, PPF) และเศษกะลาปาล์ม (palm nut shell, PNS) ปะปนอยู่ในกากผลปาล์มเป็นลักษณะผงคล้ายทราย ไม่กระจายตัว ทำให้คุณภาพอาหารสัตว์ไม่สม่ำเสมอ จากการศึกษาเบื้องต้น พบว่ามีปริมาณน้ำมันตกค้างอยู่ใน OPM สูง มากกว่า 15% ซึ่งเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ในระดับสูง จึงไม่นิยมนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตาม จากองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น OPM ดังกล่าวน่าจะสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนวัตถุดิบในสูตรอาหารที่มีข้าวโพดเป็นองค์ประกอบหลักได้บางส่วน แต่ข้อมูลการใช้ OPM จากโรงงานสกัดน้ำมันขนาดเล็กจึงมีจำกัด

จากการรายงานของกากผลปาล์มน้ำมันที่ได้จากโรงงานสกัดน้ำมันของศูนย์ศึกษาการพัฒนพิกุลทอง เป็นชนิดที่หีบน้ำมันปาล์มทั้งผลจากการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีโดยกลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ พบว่า มีโปรตีน 5.31% ไขมัน 12.71% เยื่อใย 36.44% และความชื้น 8.5% ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารต่ำกว่า แต่มีไขมันมากกว่ากากปาล์มน้ำมันทั้งผลจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มแห่งอื่น ซึ่งหีบน้ำมันออกได้มากกว่า ดังรายงานของสมพงษ์ (2526) ที่กล่าวไว้ว่า กากปาล์มทั้งผลมีโปรตีน 7.08% ไขมัน 6.91% เยื่อใย 30.51% และความชื้น 12.82% สามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด โดยใช้ได้ในระดับสูงถึง 50% ในสูตรอาหารโครุ่น โดยไม่กระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของโค และยังเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าอาหารลงได้ด้วย นอกจากนี้ Rengsirikul and Aai Nai (1991) ได้ทำการทดลองใช้กากปาล์มทั้งผล ซึ่งมีโปรตีน 7.91% ในระดับ 0, 15, 30 และ 45% ในสูตรอาหารเสี้ยงแพะหลังหย่านมร่วมกับการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย ผลปรากฏว่า เมื่อใช้กากปาล์มทั้งผลในระดับสูงขึ้นถึง 45% จะทำให้แพะมีการเจริญเติบโตลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) กับการใช้ในระดับอื่น และรัชตาภรณ์ (2559) ศึกษาผลของการใช้กากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโครีดนมที่ได้รับกากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้นที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40% ตามลำดับ โดยใช้โคนมพันธุ์ลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (75%) จำนวน 5 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 5X5 จัตุรัสละติน ให้โคนมได้รับอาหารข้นในอัตราส่วนอาหารข้นต่อปริมาณน้ำนม 1:2 และใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย (5% ยูเรีย) เป็นอาหารหยาบ โดยให้กินแบบเต็มที่ ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ของอาหารข้น และปริมาณการกินได้ทั้งหมด (กิโลกรัมต่อวัน) ของโคนมที่ได้รับกากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้น 10–20% มีค่าสูงที่สุด ($P\leq0.05$) และมีค่าลดลงเมื่อเพิ่มระดับ การใช้กากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้น 30–40% ซึ่งมีค่าลดลงต่ำสุดในโคนมที่ได้รับกากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้น 40% แต่ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ (ฟางข้าวหมักยูเรีย 5%) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) นอกจากนี้ผลผลิตน้ำนม และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคนมที่ได้รับกากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้นที่ระดับ 10–20% มีค่าสูงกว่าโคนมกลุ่มอื่น ($P\leq0.05$) ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมในโคนมทดลองแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$)

โดยสรุปจากการตรวจเอกสารจะเห็นได้ว่า สามารถใช้ PKC ได้ 15–35% ในสูตรอาหารแพะ โดยไม่มีผลเสียต่อสมรรถภาพการผลิต แต่การใช้ OPM เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อจำกัดในการใช้ สามารถใช้ OPM ได้ 10–20% ในสูตรอาหาร จึงเป็นประเด็นที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถแยก และสร้างระบบสกัดน้ำมันจาก OPM หลังจากผ่านกระบวนการหีบน้ำมันด้วยวิธีหีบแห้งจาก

เครื่องหีบน้ำมันปาล์มแบบเกลียวอัดเดี่ยว (SC) ด้วยวิธีตัวทำละลาย ซึ่งทำให้ได้น้ำมันจากการสกัดรอบที่สองจาก OPM ประมาณ 15–20% และผลพลอยได้ คือ กากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM หรือ DFOPM) แล้วทำการแยกเศษกะลาที่ปะปนมาใน LFOPM ออกอีกครั้ง โดยสรุป ผลพลอยได้ที่ได้จากผลิตภัณฑ์ของโครงงานวิจัยนี้ คือ 1) น้ำมันกากผลปาล์ม และ 2) กากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM หรือ DFOPM) มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น แต่การศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมี และการใช้ประโยชน์ได้ของ LFOPM หรือ DFOPM ในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีน้อยมาก โดยเฉพาะการใช้ในสูตรอาหารแพะ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่า (value added) ของผลพลอยได้ LFOPM มาเปลี่ยนเป็นเนื้อ และนมที่มีมูลค่าสูง อันเป็นการนำวัตถุดิบในพื้นที่มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งยังเป็นการลดมลภาวะของกากเหลือทิ้งสู่สภาพแวดล้อม และลดต้นทุนในการกำจัดกากเศษเหลือดังกล่าวทิ้ง ซึ่งมีต้นทุนในการกำจัดที่สูง จากหลักการ และเหตุผลดังกล่าวข้างต้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงคุณค่าทางอาหารของ LFOPM หรือ DFOPM ในสูตรอาหารแพะต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจเลือกใช้ระดับที่เหมาะสมในสูตรอาหารแพะ ตลอดจนเผยแพร่ผลงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการวิจัย เพื่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในด้านการเรียนการสอน และการประยุกต์ใช้ในการเพิ่มคุณภาพอาหารสัตว์ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากการใช้ LFOPM ในอาหารข้น และ/ หรืออาหารผสมสำเร็จรูป (total mixed ration, TMR) สำหรับเลี้ยงแพะเนื้อ และแพะนมต่อไป เพื่อส่งเสริมการแปรรูป และพัฒนาคุณภาพอาหารสัตว์ในระดับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของกากผลปาล์มไขมันต่ำ (low-fat oil palm meal, LFOPM)

ทำการเก็บตัวอย่าง LFOPM ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เถ้า เยื่อใย และไขมัน เป็นต้น ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

3.2 การศึกษาการย่อยได้ และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

1. แผนการทดลอง และกลุ่มทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4x4 Latin square design โดยมีกลุ่มทดลอง (treatment) เป็นอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) มีอัตราส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ (ทางใบปาล์มน้ำมันแห้ง) 75:25 อาหารทดลอง (dietary treatment) มี 4 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

อาหารทดลองที่ 1 (T1: กลุ่มควบคุม) อาหารผสมครบส่วนที่มีระดับ LFOPM 0%

อาหารทดลองที่ 2 (T2) อาหารผสมครบส่วนที่มีระดับ LFOPM 10%

อาหารทดลองที่ 3 (T3) อาหารผสมครบส่วนที่มีระดับ LFOPM 20%

อาหารทดลองที่ 4 (T4) อาหารผสมครบส่วนที่มีระดับ LFOPM 30%

การทดลอง แบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลอง (period) โดยในแต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน แพะทดลองทุกตัวได้รับอาหารทดลองจนครบทุกกลุ่มอาหาร

2. สัตว์ทดลอง และการจัดการ

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% เพศผู้ จำนวน 4 ตัว อายุเฉลี่ยประมาณ 12 เดือน โดยแพะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ย 23.0$\pm$0.5 กิโลกรัม ในช่วงปรับสัตว์ก่อนเข้างานทดลองฉีดยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) (ไอเดกติน, IDECTIN®, The British Dispensary (L.P.) Co., Ltd., ประเทศไทย) เพื่อควบคุมพยาธิภายนอกและภายใน อัตราการใช้ยา 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม และฉีดไวตามิน เอดีอี (AD_3E) (VITAMIN AD_3E 80/40/20, บริษัท ไอ วี เว็ท จำกัด) อัตราการใช้ยา 2 มิลลิลิตร ต่อตัวทุกตัว

3. การให้อาหารสัตว์ทดลอง

1. ระยะปรับสัตว์ (adjusting period) ทำการสุ่มสัตว์ทดลองตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Latin Square Design โดยสัตว์จะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเป็นเวลา 14 วัน อาหารที่ใช้ในการทดลองเป็นอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) ที่มีสัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบ (OPF) 75:25 โดยใช้ LFOPM ตามแผนการทดลอง (Table 3.1) สูตรอาหารมีโปรตีนหยาบ 15% โดยสูตรอาหารมีระดับโภชนาการต่างๆ ครบตามความต้องการของแพะตามคำแนะนำของ NRC (1981) แพะทุกตัวถูกขังในคอกขังเดี่ยวได้รับอาหารอย่างอิสระ เพื่อทำการวัดหาปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) โดยแบ่งการให้อาหารออกเป็น 2 เวลา คือ ช่วงเช้าให้อาหารเวลา 08.00 น. และช่วงบ่ายให้อาหารเวลา 16.00 น. โดยในการให้อาหารช่วงเช้า ทำการชั่งให้ (ให้เช้า) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเย็น) และในช่วงบ่ายทำการชั่งอาหารให้ (ให้

เย็น) และชั่งอาหารที่เหลือ (เหลือเช้า) เพื่อนำไปหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน โดยทำการจดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งเช้าและเย็นทุกวัน ปริมาณการกินได้ต่อวันคำนวณโดยสูตร

ปริมาณการกินได้ต่อวัน(วัตถุแห้ง) = อาหารให้ตอนเช้า (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเช้า (วัตถุแห้ง) + อาหารให้ตอนเย็น (วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือตอนเย็น (วัตถุแห้ง)

ในระยะนี้สัตว์อยู่ในกรงขังเดี่ยวที่มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา และมีการทำความสะอาดอ่างน้ำทุกๆ วัน (เช้า–เย็น) และทำความสะอาดคอกในช่วงเช้าทุกวัน

Table 3.1 Ingredients and chemical composition of goat diets containing increasing amounts of LFOPM[1] (% DM basis)

	Level of LFOPM in diets (%)[2]			
Item	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)
Ingredients, %				
LFOPM	0.00	10.00	20.00	30.00
OPM	30.00	20.00	10.00	0.00
Ground corn, GC	15.14	15.28	15.43	9.18
Soybean meal, SBM (44% CP)	19.86	19.72	19.57	18.82
Fish meal, 55% CP	0.50	0.50	0.50	0.50
Leucaena leave meal, LLM	5.00	5.00	5.00	10.00
Oil palm frond, OPF	25.00	25.00	25.00	25.00
Molasses	3.00	3.00	3.00	5.00
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50
Dicalcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50
Mineral and vitamin mix[3]	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100.0	100.0	100.0	100.0
Estimated nutrients (%)				
TDN, %	62.81	62.82	62.83	61.74
CP	15.00	15.00	15.00	15.00

[1]OPM = oil palm meal, LFOPM = low–fat oil palm meal

[2] T1 = Level of LFOPM 0%, T2 = Level of LFOPM 10%, T3 = Level of LFOPM 20%, T4 = Level of LFOPM 30%.

[3] 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.

2. ระยะเก็บตัวอย่าง (collection period) ระยะนี้สัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม (metabolism crates) ทำการปรับสัตว์ให้มีความคุ้นเคยกับกรงเป็นเวลา 2 วันแรก และในช่วง 5 วันหลัง ทำการเก็บตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะติดต่อกันในช่วง 5 วันของแต่ละช่วงการทดลอง ตามวิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) (Schnieder and Flatt, 1975) และทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักและเลือด ในวันที่ 21 (วันสุดท้าย) ของแต่ละช่วงการทดลอง ในการให้อาหารให้ตามกลุ่มทดลองเหมือนช่วงปรับสัตว์ แต่ให้เพียง 90%ของ

ปริมาณการกินได้ทั้งหมดในช่วงระยะปรับสัตว์ เพื่อให้สัตว์ทดลองกินอาหารหมดตามสัดส่วนที่กำหนดในกลุ่มทดลอง

4. การเก็บข้อมูล และการเก็บตัวอย่าง

4.1 การเก็บตัวอย่างอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมครบส่วนทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันติดต่อกัน ทั้งอาหารที่ให้ (เช้า–เย็น) และอาหารที่เหลือ (เช้า–เย็น) หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง โดยนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน และอีกส่วนหนึ่งจะสุ่มเก็บจากแต่ละช่วงการทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่น วัตถุแห้ง (dry matter, DM) โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (1995) และวิเคราะห์ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991)

4.2 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลองคือครั้งที่ 1 ชั่งก่อนเข้างานทดลองเป็นช่วงก่อนเข้าระยะปรับสัตว์ทดลองช่วงการทดลองที่ 1 ชั่งครั้งที่ 2 หลังจากปรับสัตว์และจะนำสัตว์ขึ้นกรงเมทธาโบลิซึม และครั้งที่ 3 หลังจากเสร็จการทดลองในแต่ละช่วงการทดลอง คือ หลังจากเก็บตัวอย่างบนกรงเมทธาโบลิซึม ทำการจดบันทึก ตลอดจนกระทั่งเสร็จการทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

4.3 การวัดและการสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid)

สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของสัตว์ทดลองแต่ละกลุ่มทดลองที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยวิธีการใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump ปริมาณ 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด–ด่างทันทีโดยใช้ pH meter (HANNA instruments HI 98153 microcomputer pH meter) และหลังจากนั้น แบ่งของเหลวจากกระเพาะหมักออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บประมาณ 40 มิลลิลิตร เติม 1M H_2SO_4 จำนวน 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่ใส (supernatant) เก็บไว้ประมาณ 20–35 มิลลิลิตร นำไปเก็บในตู้แช่แข็งอุณหภูมิประมาณ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (ammonia–nitrogen, NH_3–N) โดยวิธีการกลั่น (Bremner and Keeney, 1965) โดยใช้เครื่อง KJELTEC AUTO 2200 Analyzer (Foss, TECATOR) และของเหลวอีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (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) ดัดแปลงตามวิธีการของ Samuel et al. (1997)

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

4.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือด ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงของการให้อาหารของวันสุดท้ายของแต่ละระยะทดลอง โดยเก็บจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) ปริมาณ 3 มิลลิลิตร ใส่หลอดที่มีเฮพพารีน (heparinized) เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที ใช้เวลา 10 นาทีและเก็บส่วน plasma ใส่ตู้เย็นแช่แข็งที่อุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับยูเรีย–ไนโตรเจนในเลือด (blood urea–nitrogen, BUN) (Crocker, 1967), PCV, blood glucose, Cholesterol, Triglyceride เป็นต้น

4.5 การสุ่มเก็บตัวอย่างปัสสาวะ

การเก็บปัสสาวะในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมทธาโบลิซึม โดยทำการเก็บติดต่อกัน 5 วันในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่างใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด โดยใช้ถังพลาสติกขนาดความจุ 5 ลิตร ซึ่งมีถาดรูปกรวยวางไว้บนถังพลาสติกคอยรองรับปัสสาวะตลอดเวลา ในถังเติมกรดซัลฟูริก 1M H_2SO_4 ในสัดส่วน 1M H_2SO_4 ต่อปัสสาวะ 1: 10 เพื่อเป็นการตรึงไนโตรเจนในปัสสวะและปรับให้ pH ของปัสสาวะมีค่าอยู่ระหว่าง 2–3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ ทำการวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวันและทำการสุ่มเก็บไว้ประมาณ 10% ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4 และ 5 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5% แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใส หลังจากนั้น นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะตามวิธีการของ AOAC (1995) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ต่อไป

4.6 การสุ่มเก็บตัวอย่างมูล

เริ่มทำการเก็บพร้อมกับการเก็บปัสสาวะ โดยเก็บ 5 วันติดต่อกันในช่วงท้ายของการทดลอง ใช้วิธีการเก็บแบบทั้งหมด (total collection) โดยทำการเก็บในช่วงเช้า เวลา 06.30 น. โดยการชั่งน้ำหนักมูลทั้งหมด การเก็บมีถาดรองมูลซึ่งอยู่ด้านหลังของถาดรองปัสสาวะ ก่อนเก็บทำการคลุกทุกส่วนให้เข้ากัน และแบ่งเก็บเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1: เก็บประมาณ 100 กรัม นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งของมูลที่ขับถ่ายออกมาในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2: เก็บไว้ประมาณ 5%ของน้ำหนักมูลทั้งหมดในแต่ละวัน นำไปเก็บไว้ที่ –20 องศาเซลเซียส ทำการเก็บเช่นนี้จนครบ 5 วันแล้วนำมูลทั้งหมดในปริมาณที่เท่ากันของแต่ละกลุ่มทดลองที่เก็บไว้มาคลุกให้

เข้ากัน ทำการสุ่มเก็บอีกครั้ง 5% และนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 0.1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหาร เพื่อนำไปคำนวณหาการย่อยได้ตามวิธีการของ Schnieder and Flatt (1975) ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{น้ำหนักมูลปรับแห้ง}}{\text{น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - 100 \times \frac{\text{(\% โภชนะในมูล x น้ำหนักมูลปรับแห้ง)}}{\text{\% โภชนะในอาหาร x น้ำหนักของอาหารที่กินปรับแห้ง}}$$

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลอง 4 x 4 Latin square design โดยใช้ Proc GLM และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test และศึกษาแนวโน้มการตอบสนองด้วยวิธี Orthogonal polynomial (Steel and Torrie, 1980)

6. สถานที่ทำการทดลอง และเก็บข้อมูล

1. หมวดแพะ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

3. โรงผสมอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ 90110

7. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย ตุลาคม พ.ศ. 2559 – กันยายน พ.ศ. 2560

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิจารณ์

4.1 ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) และกากผลปาล์มไขมันต่ำ (low-fat oil palm meal, LFOPM หรือ defatted oil palm meal, DFOPM) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 4.1) พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม (ash) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนหยาบ (CP) ไขมัน (EE) ผนังเซลล์ (NDF) เซลยูโลสิกนิน (ADF) และลิกนิน (ADL) เท่ากับ 96.26, 95.86; 6.52, 4.90; 93.48, 95.10; 8.49, 10.62; 13.64, 3.63; 67.65, 68.89; 57.12, 49.84 และ 34.36, 21.79% DM ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่าง OPM และ LFOPM พบว่า OPM มีค่า EE, ADF และ ADL สูงกว่า แต่มี CP, hemicellulose และ cellulose ต่ำกว่า LFOPM ซึ่งเป็นข้อดีของ LFOPM เพราะค่า NDF, ADF และ ADL ที่สูงมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ในอาหารของสัตว์ (Hart and Wanapat, 1992)

Table 4.1 Ingredients and chemical composition of the experimental diets, OPM and LFOPM[1]

Chemical composition (% DM basis)	OPM	LFOPM	Level of LFOPM in diets (%)[2]			
			T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)
DM[3]	96.29	95.86	90.02	89.85	90.24	90.14
Ash	6.52	4.90	8.55	7.86	7.69	7.59
OM	93.48	95.10	91.45	92.14	92.31	92.41
CP	8.49	10.62	16.61	16.52	16.43	16.71
EE	13.64	3.63	5.09	4.45	4.32	3.12
NSC[5]	3.70	11.96	20.86	22.00	22.45	23.38
NDF	67.65	68.89	48.89	49.17	49.11	49.20
ADF	57.12	49.84	33.45	32.56	32.12	31.50
ADL	34.36	21.79	10.78	10.45	10.12	9.45
Hemicellulose[6]	10.53	19.05	15.44	16.61	16.99	17.70
Cellulose[7]	22.76	28.05	22.67	22.11	22.00	22.05
GE (kcal/ kg DM)	5.16	4.95	4.61	4.53	4.52	4.47

[1] OPM = oil palm meal, LFOPM = low-fat oil palm meal

[2] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[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.

[3] Estimated: NSC = 100-(CP + NDF + EE + Ash)

[4] Estimated: Hemicellulose = NDF-ADF

[5] Estimated: Cellulose = ADF-ADL

และไขมันที่ต่ำช่วยป้องกันไขมันไม่ให้ถูก oxidize จากออกซิเจนในอากาศได้ง่าย ถ้ามีไขมันในปริมาณมากเกินไปจะทำให้วัตถุดิบมีกลิ่นเหม็นหืนทำให้สัตว์ปฏิเสธการกินมากขึ้น ยากต่อการเก็บรักษา (พันทิพา, 2539) ขณะที่ ปริมาณ และคุณภาพของโปรตีนที่สูงมีผลต่อปริมาณการกินได้ และการนำไปใช้ประโยชน์ของสัตว์ในการสร้างการเจริญเติบโต และผลผลิต สอดคล้องกับผลการทดลองของ Berk (1992) ที่รายงานว่าปริมาณความเข้มข้นของโปรตีนจะเพิ่มขึ้นเมื่อส่วนประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนถูกสกัดออกจากวัตถุดิบ

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของ OPM ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่าองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับ OPM ที่รายงานโดยกรมปศุสัตว์ (2544) แต่มีค่าองค์ประกอบทางเคมีต่ำกว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ที่รายงานว่า OPM ที่ได้จากการหีบเมล็ดปาล์มทั้งผลจะมีส่วนประกอบของเยื่อใยสูงมาก (30.15%) แต่มีโปรตีนต่ำ (7.08%) ขณะที่ PKC มีโปรตีนหยาบ เยื่อใย ผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนิน ประมาณ 10.18, 21.14, 68.87 และ 52.68% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารผสมเสร็จ (total mixed ration, TMR) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 4.1) พบว่ามีค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนหยาบ (CP) และผนังเซลล์ (NDF) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีโปรตีนหยาบอยู่ในช่วง 16.43–16.71% ขณะที่ ไขมัน (EE) อยู่ในช่วง 3.12–5.09% เซลยูโลลิกนิน (ADF) และลิกนิน (ADL) อยู่ในช่วง 31.50–33.45 และ 9.45–10.78% ตามลำดับ มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าลดลงตามระดับกากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร อาจเนื่องมาจาก ความแตกต่างของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหาร โดยเฉพาะ LFOPM ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีองค์ประกอบ EE, ADF และ ADL ค่อนข้างต่ำกว่า OPM แต่มี CP สูงกว่า OPM

4.2 ปริมาณการกินวัตถุแห้งได้อย่างอิสระ และปริมาณการกินได้ของโภชนะจากอาหาร

จากการศึกษา การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มไขมันต่ำ (low–fat oil palm meal, LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (oil palm meal, OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ (voluntary feed intake, VFI) (วัตถุแห้ง) ของในแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย พบว่าปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) เฉลี่ยมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบสมการเส้นตรง (linear) (L, P= .01 ตามลำดับ) ตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Table 4.2) ขณะที่ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ 2–4 (10–30% LFOPM) อาจเนื่องจากระดับไขมัน และระดับเยื่อใยที่สูงในสูตรที่ 1 (0% LFOPM) (Table 4.2) ทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ลดลง โดยเฉพาะผนังเซลล์ และเซลยูโลลิกนินมีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wanapat, 1992) มากกว่านั้น ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน (Allen, 2000; NRC, 2001) โดยเฉพาะสัดส่วนของกรดไขมันพบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ (polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยทั่วไปมีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid, MUFA) เนื่องจาก มีผลในทางลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่า (Allen, 2000) สอดคล้องกับ Palmquist and Jenkins (1980) ที่รายงานว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และลดการย่อยได้

ของเยื่อใยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง ซึ่ง Devendra and Lewis (1974) กล่าวว่า อาจเกิดเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใยทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารถเข้าย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด เป็นผลทำให้ประชากรจุลินทรีย์ชนิดนั้นลดลงเกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ (cell membrane) ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวอาจไปทำปฏิกิริยากับ cation เกิดเป็น insoluble complex ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวน cation ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนทำให้การย่อยได้ลดลง ทำนองเดียวกับ Cheng et al. (1991) ที่รายงานว่าไขมันจะเข้าไปเคลือบชิ้นอาหารทำให้ยับยั้งการย่อยอาหาร โดยไปยับยั้งการเข้าจับของเซลล์จุลินทรีย์ หรือเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่พื้นที่ผิวอาหาร จึงทำให้กลุ่มที่ 1 มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

Table 4.2 Feed intake of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[2]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
DMI (kg/d)							
Total DMI, kg/d	0.820[b]	0.867[ab]	0.890[a]	0.887[a]	0.02	0.01	0.14
DMI, %BW	2.56[b]	2.69[a]	2.73[a]	2.70[a]	0.03	0.01	0.03
DMI, g/kg $W^{0.75}$	60.90[b]	64.14[a]	65.14[a]	64.44[b]	0.73	0.01	0.04
OMI, kg/d	0.75[b]	0.80[ab]	0.82[a]	0.80[a]	0.02	0.02	0.07
CPI, kg/d	0.13	0.13	0.14	0.14	0.004	0.08	0.76
EEI, kg/d	0.04	0.04	0.04	0.04	0.002	0.41	0.53
NDFI, kg/d	0.40[b]	0.42[b]	0.46[a]	0.45[a]	0.008	0.001	0.08
ADFI, kg/d	0.27[c]	0.30[ab]	0.30[b]	0.32[a]	0.005	0.001	0.30

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

ทำนองเดียวกับปริมาณการกินของโภชนะ (OMI, CPI, NDFI และ ADFI) พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นกลุ่มที่ได้รับระดับ LFOPM 0% มีปริมาณการกินของโภชนะต่ำกว่ากลุ่มอื่น อาจเป็นเพราะอาหารที่มี OPM เป็นส่วนผสมระดับสูง (30%) มีระดับไขมันที่สูง (Table 4.1) ทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ลดลง (NRC, 2001) ซึ่งปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (bacterial growth) ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับรายงานของ Palmquist and Jenkins (1980); Jenkins (1983); Zinn (1989); Firkins and Eastridge (1994); Griinari et al. (1998); Allen, (2000); NRC (2001) อย่างไรก็ตาม ระดับไขมันในอาหารต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการหมักยังมีความผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของกรดไขมัน (SFA: UFA) แหล่งอาหารหยาบ และอาจมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน

โดยแบคทีเรียกลุ่มย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) มีความไวต่อความเป็นกรด-ด่าง และมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลงเมื่อมีความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 6 (Russell and Wilson, 1996)

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่ใช้ LFOPM ทดแทน OPM ในสูตรอาหารผสมเสร็จของแพะ ระดับ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด ดังนั้น การนำใช้ LFOPM ในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่อาจเพิ่มศักยภาพการใช้ LFOPM ซึ่งวัตถุดิบผลพลอยได้ที่มีมากในท้องถิ่นภาคใต้

4.3 ความสามารถในการย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร

เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง (DM) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีน (CP) และไขมัน (EE) พบว่าทุกกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) (Table 4.3) อาจเนื่องจากจุลินทรีย์ได้รับพลังงาน และไนโตรเจน (N) เพียงพอต่อกระบวนการหมักภายในกระเพาะรูเมน

Table 4.3 Nutrient digestibility and digestible nutrient intake of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM).

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Apparent total tract digestibility, %							
DM	57.66	58.69	59.15	59.36	0.59	0.08	0.51
OM	59.75	60.87	61.29	61.21	0.63	0.14	0.37
CP	66.69	68.79	69.21	69.50	1.25	0.16	0.49
EE	86.57	86.78	86.07	85.63	1.12	0.50	0.78
NDF	38.20^{c}	40.61^{bc}	45.35^{a}	44.11^{ab}	1.10	0.003	0.14
ADF	24.49^{c}	28.43^{b}	29.29^{ab}	30.59^{a}	0.55	0.001	0.05
Digestible nutrient intake, kg/d							
DOM	0.45	0.48	0.50	0.49	0.01	0.01	0.06
DCP	0.08^{b}	0.09^{a}	0.10^{a}	0.10^{a}	0.001	0.002	0.09
DEE	0.03	0.03	0.03	0.03	0.002	0.50	0.62
DNDF	0.15^{c}	0.17^{b}	0.21^{a}	0.20^{a}	0.006	0.001	0.03
DADF	0.06^{c}	0.08^{b}	0.08^{ab}	0.09^{a}	0.003	0.001	0.12
Estimated energy intake[4]							
ME Mcal/d	1.72^{b}	1.85^{a}	1.90^{a}	1.88^{a}	0.04	0.01	0.07
ME Mcal/kg DM	2.10	2.13	2.14	2.12	0.02	0.37	0.30

$^{a-c}$ Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

[4] 1 kg DOM = 3.8 Mcal ME/kg (Kearl, 1982).

ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ NDF และ ADF ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี LFOPM 0% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ขณะที่ ระดับ LFOPM 20 และ 30% ไม่แตกต่างกัน

(P>0.05) อาจเนื่องจาก ไขมันที่ลดลงตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Table 4.1) ทำให้ปริมาณการกินได้ และการย่อยได้เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ปริมาณไขมันที่มากกว่า 5% ในสูตรอาหาร อาจส่งผลต่อความสามารถในการย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้น มากกว่านั้น ความแตกต่างยังขึ้นกับชนิด หรือแหล่งของกรดไขมัน และโดยเฉพาะสัดส่วนของกรดไขมัน พบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีพันธะคู่มากกว่า 2 พันธะ (polyunsaturated fatty acid, PUFA) โดยทั่วไปมีผลในทางลบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการย่อยได้ของเยื่อใยมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid, SFA) หรือกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดที่มีจำนวนพันธะคู่เพียงหนึ่งพันธะ (monounsaturated fatty acid, MUFA) เนื่องมาจาก มีผลต่อในทางลบต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียมากกว่า (Maczulak at al., 1981; Firkins and Eastridge, 1994; Allen, 2000) สอดคล้องกับ Palmquist and Jenkins (1980); Pantoja et al. (1994) รายงานว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และลดการย่อยได้ของเยื่อใยส่งผลให้ปริมาณการกินได้ลดลง

ขณะที่ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร (DOM, DCP, DNDF และ DADF) พบว่ามีความแตกต่างกัน (P<0.05) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบสมการเส้นตรง (linear) (L, P= .01 ตามลำดับ) โดยเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (Table 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการกินได้ และจากการคำนวณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Mcal/d และ Mcal/kg ME) พบว่า มีความแตกต่างกัน (P<0.05) โดยกลุ่มที่ได้รับ LFOPM มีค่า Mcal/d สูงขึ้นตามระดับระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ ค่า Mcal/kg ME ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.10–2.14 Mcal/kg ซึ่งใกล้เคียงกับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่คำนวณ และเพียงพอต่อความต้องการของแพะเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (NRC, 1981)

4.4 ผลผลิตจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และยูเรีย–ไนโตรเจนในกระแสเลือด

ผลของกากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่ออุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) (Table 4.4) การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของอุณหภูมิในกระเพาะรูเมนค่อนข้างคงที่ (39.10–39.35 $^{\circ}$C) ซึ่งเป็นระดับที่ปกติ และเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (38–40 $^{\circ}$C) (Van Soest, 1994)

ทำนองเดียวกับค่าความเป็นกรด–ด่าง หรือ pH ภายในกระเพาะรูเมนของแพะในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าค่า ruminal pH ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด–ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.42–6.53) สอดคล้องกับการทดลองของ Chanjula et al. (2010) ที่รายงานการใช้ประโยชน์ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (PKC) ในสูตรอาหารข้น ที่มีระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าค่า ruminal pH ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในแต่ละกลุ่มที่ได้รับสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของความเป็นกรด–ด่าง ค่อนข้างคงที่ (6.22–6.53) ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเยื่อใย (cellulolytic bacteria) (Lyle et al., 1981; Hoover, 1986) และการย่อยของโปรตีน (6.0–7.0) (Hungate, 1969)

Table 4.4 Rumen fermentation of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Temperature, °C							
0 h-post feeding	39.20	39.30	39.00	39.10	0.15	0.62	0.67
4 h-post feeding	39.50	39.40	39.20	39.40	0.24	0.53	0.29
Mean	39.35	39.30	39.10	39.25	0.16	0.83	0.23
Ruminal pH							
0 h-post feeding	6.57	6.66	6.59	6.74	0.07	0.18	0.67
4 h-post feeding	6.26	6.35	6.37	6.31	0.06	0.53	0.27
Mean	6.42	6.50	6.49	6.53	0.05	0.27	0.72
NH_3-N, mg/dL							
0 h-post feeding	19.64	20.00	18.57	19.29	2.05	0.79	0.93
4 h-post feeding	22.86	23.57	22.50	23.57	2.17	0.91	0.93
Mean	21.25	21.79	20.53	21.43	1.96	0.93	0.93
BUN, mg/dL							
0 h-post feeding	23.88	24.63	23.71	22.85	1.17	0.37	0.30
4 h-post feeding	23.94	24.46	25.03	23.20	0.86	0.52	0.09
Mean	23.91	24.55	24.37	23.03	0.99	0.42	0.18

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

ค่าความเข้มข้นของระดับแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะรูเมน พบว่าค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (Table 4.4) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของ NH_3-N อยู่ในช่วง 20.53-21.79 mg/dL ทำนองเดียวกับค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (BUN) ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของ BUN อยู่ในช่วง 23.03-24.55 mg/dL และมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ปกติในแพะ สอดคล้องกับ Lloyd (1982) รายงานว่าระดับปกติของ BUN ในแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 mg/dL ซึ่งค่าความเข้มข้นของ BUN ปกติจะผันแปรขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น อายุ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และโดยเฉพาะระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน ดังนั้น การเพิ่มของระดับ NH_3-N ในกระเพาะรูเมน มีผลต่อการเพิ่มของระดับ BUN ในกระแสเลือด สอดคล้องกับ Preston et al. (1965) รายงานว่า ค่าของ BUN มีสหสัมพันธ์สูง (highly correlation) กับปริมาณโปรตีนที่กินได้ และสัมพันธ์กับระดับการผลิตแอมโมเนียในกระเพาะรูเมน (Lewis, 1975; Kung and Huber, 1983)

4.5 ค่าทางโลหิตวิทยาในกระแสเลือด

ผลของกากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อค่ากลูโคส (glucose), PCV, cholesterol, albumin, globulin, WBC, RBC, HGB และ MCHC ในกระแสเลือดในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวมพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) (Table 4.5) โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของกลูโคส และค่า PCV อยู่ในช่วง 82.80–84.66 mg/dL และ 30.66–31.83% ตามลำดับ ซึ่งกลูโคสในกระแสเลือดในการศึกษาครั้งนี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติในแพะ คือ 50–75 mg/dL (2.77 to 4.16 mmol/L) (Kaneko, 1980) ทำนองเดียวกับค่า PCV ที่รายงานโดย Jain (1993) รายงานว่า ค่า PCV ที่ปกติของแพะอยู่ในช่วง 22–38% ซึ่งค่า PCV หรือค่าฮีมาโตคริต (hematocrit) เป็นดัชนีที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้วินิจฉัย หรือประเมินความสมบรูณ์ของร่างกายแพะและสุขภาพสัตว์เบื้องต้นว่า สัตว์มีความผิดปกติของเลือดหรือไม่ โดยหากค่า PCV ต่ำกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโลหิตจาง (anemia) ในทางตรงกันข้ามหากค่า PCV สูงกว่าค่าปกติ สัตว์จะมีอาการของโรคโพลีซัยธีเมีย (polycythemia) ซึ่งเกิดจากการสร้างเม็ดเลือดแดงที่มากผิดปกติ (Jain, 1993)

Table 4.5 Blood metabolites in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Glucose, mg/dL							
0 h-post feeding	58.75[b]	63.00[a]	64.00[a]	62.25[ab]	1.05	0.08	0.02
4 h-post feeding	67.00	64.25	64.00	63.75	1.15	0.11	0.32
Mean	62.87	63.62	64.00	63.00	0.84	1.00	0.34
PCV, %							
0 h-post feeding	31.75	31.50	30.00	31.00	0.62	0.22	0.35
4 h-post feeding	29.25	29.75	28.75	29.25	0.73	0.77	1.00
Mean	30.50	30.62	29.37	30.12	0.60	0.41	0.62
Cholesterol							
0 h-post feeding	129.50	126.50	126.00	116.00	4.73	0.14	0.21
4 h-post feeding	121.25	119.25	119.25	108.25	4.36	0.12	0.18
Mean	125.37	122.87	122.62	112.12	4.46	0.13	0.19
Triglyceride							
0 h-post feeding	52.75[a]	36.25[b]	35.50[b]	40.75[b]	2.96	0.03	0.01
4 h-post feeding	39.00	34.25	27.25	33.75	4.88	0.33	0.29
Mean	45.87[a]	35.25[b]	31.37[b]	37.25[ab]	2.91	0.06	0.03

เมื่อพิจารณาค่า Triglyceride, Globulin และ MCV พบว่า มีค่าแตกต่างกัน (P<0.05) โดย Triglyceride มีค่าเฉลี่ยรวมลดลงตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 35.25–45.87 mg/dl มากกว่านั้น ค่า Cholesterol มีแนวโน้มลดลงแม้ว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน (P>0.05) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 112.12–125.37 mg/dL ขณะที่ ค่า Globulin และ MCV มีค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร และมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.04–2.30 29.83–30.56 mg/dL ตามลำดับ

Table 4.5 Blood metabolites in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM) Cont's

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Albumin							
0 h-post feeding	4.11	3.90	3.96	4.05	0.07	0.74	0.09
4 h-post feeding	3.87	3.79	3.81	3.82	0.08	0.74	0.59
Mean	3.99	3.85	3.89	3.94	0.07	0.71	0.20
Globulin							
0 h-post feeding	2.04	2.16	2.06	2.06	0.05	0.82	0.27
4 h-post feeding	2.04^{b}	2.02^{b}	2.04^{b}	2.54^{a}	0.06	0.001	0.01
Mean	2.04^{b}	2.09^{b}	2.05^{b}	2.30^{a}	0.03	0.01	0.02
WBC							
0 h-post feeding	11.24	10.10	10.29	10.28	0.70	0.42	0.44
4 h-post feeding	11.48	11.12	10.90	11.08	0.76	0.68	0.73
Mean	11.37	10.62	10.60	10.68	0.69	0.53	0.57
RBC							
0 h-post feeding	3.99	3.93	3.71	3.57	0.12	0.03	0.77
4 h-post feeding	3.61	3.67	3.43	3.50	0.13	0.35	0.95
Mean	3.80	3.80	3.57	3.54	0.11	0.08	0.89
HGB							
0 h-post feeding	11.80	11.57	11.12	11.40	0.22	0.11	0.26
4 h-post feeding	10.87	10.75	10.50	10.62	0.26	0.43	0.65
Mean	11.33	11.16	10.81	11.01	0.19	0.18	0.38
MCV							
0 h-post feeding	29.70^{bc}	29.55^{c}	30.22^{a}	30.12^{ab}	0.14	0.02	0.86
4 h-post feeding	30.15	30.12	30.90	30.42	0.26	0.22	0.42
Mean	29.92^{b}	29.83^{b}	30.56^{a}	30.27^{ab}	0.15	0.03	0.53
MCHC							
0 h-post feeding	37.20	36.77	37.12	36.75	0.50	0.67	0.96
4 h-post feeding	37.15	37.12	36.57	36.32	0.64	0.33	0.86
Mean	37.17	36.95	36.85	36.53	0.38	0.28	0.91

$^{a-c}$ Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P<0.05$).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

4.6 ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะรูเมน

ผลของผลของกากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จ ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acids, TVFAs) รวมทั้งระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติค (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิค (propionic acid, C_3) กรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ในแต่ละช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และ

ค่าเฉลี่ยรวม (Table 4.6) จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด กรดอะซิติค กรดโพรพิออนิค กรดบิวทีริค และสัดส่วนของของกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิออนิค ในการทดลองนี้มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 71.62–77.35 mmol/L 70.21–71.68, 19.73–20.85, 5.63–6.63% ของกรดไขมันที่ระเหยได้ทั้งหมด และ 3.39–3.64 ตามลำดับ พบว่าทุกค่าไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้น TVFAs ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยรวม และและกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ที่เวลา 0 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี LFOPM 0% และ 30% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, $P= 0.05$ และ 0.03 ตามลำดับ) ตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของอาหาร (OMI และ NDFI) ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ DNDF และ DADF และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่สัตว์ได้รับแตกต่างกัน (Table 4.1) เพราะความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในสัตว์ที่มีปริมาณการกินได้ของอินทรีย์วัตถุ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างสูง (Van Soest, 1994) นอกจากนี้ อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) สูง และมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้สูงจะเพิ่มสัดส่วนของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น (Nocek and Russel, 1988) ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในอาหารที่มีพลังงานสูง เนื่องมาจากมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายได้ง่ายสูง อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน การดูดซึมของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านผนังกระเพาะรูเมน อัตราการไหลผ่าน (ruminal passage rate) ของของเหลวไปยังกระเพาะอะโบมาซัม (abomasum) (López et al., 2003) มากกว่านั้น ยังขึ้นกับความเข้มข้นสัดส่วนของกรดอินทรีย์ (organic acid) ทั้งหมดในกระเพาะรูเมนซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรต และปริมาณที่สัตว์กิน (Heldt et al., 1999) สัดส่วนอาหารข้น และอาหารหยาบ (Sarwar et al., 1992) และ Sutton et al. (1993) ที่รายงานว่า ปริมาณแป้งที่ย่อยสลายได้ง่ายเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิคในกระเพาะรูเมนสูงขึ้น ขณะที่ ระดับความเข้มข้นของกรดอะซีติคลดลงเมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (TVFAs) และสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยได้ตามช่วงเวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าค่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร สอดคล้องกับ Wanapat (2000) รายงานว่า TVFAs จะเพิ่มขึ้น และถึงจุดสูงสุดหลังการให้อาหาร 2–4 ชั่วโมง ทั้งการให้อาหารในตอนเช้า และตอนเย็น

จากผลการทดลองครั้งนี้ ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดเฉลี่ยของของเหลวในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 71.62–77.35 mmol/L ใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) รายงานว่า ค่า TVFA ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50%) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 75.00–79.20 และ 80.87–86.57 mmol/L ตามลำดับ ซึ่ง France and Siddons (1993) รายงานว่า ค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนปกติมีค่าระหว่าง 70–130 mmol/L และบุญล้อม (2541) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายในกระเพาะรูเมนจะแปรผันระหว่าง 70–150 mmol/L ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ได้ (Forbes and France, 1993) และ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมด มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ

ความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OM) โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันระเหยได้ง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

Table 4.6 Volatile fatty acid profiles in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Total VFA, mmol/L							
0 h-post feeding	57.90	58.48	59.59	57.98	0.98	0.78	0.81
4 h-post feeding	87.37^{b}	92.69^{ab}	95.11^{a}	87.58^{b}	1.69	0.05	0.32
Mean	71.62^{b}	75.58^{a}	77.35^{a}	72.78^{b}	1.03	0.03	0.31
Proportion of individual VFA, %							
Acetate (C_2)							
0 h-post feeding	71.16	70.66	69.38	71.21	0.65	0.29	0.51
4 h-post feeding	72.15	71.95	71.04	72.15	0.79	0.48	0.81
Mean	71.65	71.30	70.21	71.68	0.62	0.24	0.56
Propionate (C_3)							
0 h-post feeding	19.61	19.26	20.21	19.61	0.51	0.83	0.76
4 h-post feeding	20.75	20.19	21.50	20.75	0.58	0.67	0.31
Mean	20.17	19.73	20.85	20.17	0.47	0.69	0.42
Butyrate (C_4)							
0 h-post feeding	6.06^{b}	7.24^{a}	7.51^{a}	6.06^{b}	0.34	0.16	0.62
4 h-post feeding	5.22	6.01	5.63	5.22	0.54	0.35	0.87
Mean	5.64	6.63	6.57	5.63	0.37	0.16	0.72
Other VFA[4]							
0 h-post feeding	3.22^{a}	2.83^{b}	2.84^{b}	3.21^{a}	0.07	0.28	0.94
4 h-post feeding	1.88	1.83	1.82	1.88	0.11	0.09	0.29
Mean	2.54	2.33	2.33	2.54	0.09	0.010	0.65
Acetate: propionate ratio							
0 h-post feeding	3.69	3.70	3.48	3.69	0.11	0.64	0.71
4 h-post feeding	3.53	3.57	3.31	3.53	0.12	0.40	0.27
Mean	3.61	3.64	3.39	3.61	0.10	0.42	0.39

$^{a-b}$ Means within rows followed with different superscript letters are statistically different ($P<0.05$).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

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

นอกจากนี้ ความเข้มข้นของ C_2 ,C_4 และ C_3 มีอิทธิพลมาจากอาหารที่สัตว์กิน ถ้าสัตว์ได้รับอาหารหยาบมากจะมีการผลิตกรดอะซิติกมาก แต่ถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นมากจะทำให้ความเข้มข้นของกรดโพรพิออ

นิคเพิ่มสูงขึ้น และสัดส่วนของ C_2:C_3 ลดลง (ฉลอง, 2541) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายยังขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร และระยะเวลาการสุ่มหลังจากกินอาหาร ทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมัน และสัดส่วนของกรดแต่ละตัวแปรผันด้วย ซึ่งกรดที่มีมากที่สุดคือ กรดอะซิติค ประมาณ 60–70 เปอร์เซ็นต์ กรดโพรพิออนิค ประมาณ 18–20% และกรดบิวทีริค ประมาณ 10% (บุญล้อม, 2541) ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองดังกล่าว ขณะที่ เมธา (2533) กล่าวว่า C_2, C_4 และ C_3 ในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ในช่วง 65–70, 10–15 และ 20–22% ของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดและมีสัดส่วนของ C_2:C_3 อยู่ในช่วง 1–4 ตามลำดับ ทำนองเดียวกับ Hungate (1969) รายงานว่า ความเข้มข้นของ C_2, C_4 และ C_3 ในกระเพาะรูเมนควรอยู่ที่ 62, 16 และ 22% ของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายทั้งหมด ตามลำดับ

4.7 จำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยวิธีการนับตรง (Total direct count)

จากการทดลองนี้ พบว่าจำนวนประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.49–1.75^{10} cell/ mL และ 1.52–2.29 x10^6 cell/ mL ตามลำดับ (Table 4.7) ผลการทดลองครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานก่อนหน้านี้ของ Chanjula et al. (2007a, b) และปิ่น และคณะ (2557) ที่รายงานว่า ประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.40–2.23 x10^{10} และ 1.15–2.89 x10^6 cell/ mL ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่ได้รายงานว่า ประชากรของแบคทีเรีย และเชื้อราในกระเพาะรูเมน มีค่าอยู่ในช่วง 10^{10}–10^{12} และ 10^4–10^6 cell/ mL ตามลำดับ

ทำนองเดียวกับประชากรโปรโตซัวทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.41–2.99x10^6 cell/ mL ซึ่งสอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า ประชากรโปรโตซัวในกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 10^4–10^6 cell/ mL แต่มีค่าต่ำกว่ารายงานของ Chanjula et al. (2007a, b) ที่รายงานว่า ประชากรของประชากรโปรโตซัวเฉลี่ยของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทยเพศผู้ (พื้นเมือง–แองโกลนูเบียน 50%) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.87–3.65 x10^6 และ 2.41–3.57 x10^6 cell/ mL ตามลำดับ ขณะที่ Khampa et al. (2006) ได้ทำการทดลองในโคนมเพศผู้ตอน พบว่ามีประชากรโปรโตซัวเฉลี่ย 1.4x10^6 cell/ mL อาจเนื่องมาจาก อาหารที่แตกต่างกัน ซึ่ง Jouany and Ushida (1999) รายงานว่า การเสริมแป้งช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของโปรโตซัวสอดคล้องกับ Russell (2002) ที่รายงานว่า การเจริญของโปรโตซัวเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีแป้ง และถ้าอาหารปราศจากแป้งความหนาแน่นของโปรโตซัว และอัตราการย่อยอาหารพวกแป้งจะลดลง ซึ่ง Jouany and Ushida (1999) รายงานว่า จำนวนของโปรโตซัวขึ้นอยู่กับน้ำตาลและแป้งที่ละลายได้ในอาหาร อย่างไรก็ตาม ประชากรโปรโตซัวที่ลดลงมีผลดีทำให้ประชากรแบคทีเรียเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีการสังเคราะห์จุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยปกติภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมโปรโตซัวจะเจริญได้ดีและแย่งอาหารจากแบคทีเรีย และใช้แบคทีเรียเป็นอาหารก็จะเพิ่มขึ้น Russell (2002) รายงานว่า จำนวนโปร–โตซัวที่เพิ่มขึ้นทำให้แบคทีเรียลดลง เนื่องจากโปรโตซัวจับกิน (engulf) แบคทีเรียเป็นอาหาร โดยทั่วไปโปรโต–ซัวสามารถใช้แบคทีเรียเป็นอาหารได้สูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดที่มีอยู่ อย่างไรก็ตาม ถ้าในสูตรอาหารมีเมล็ดธัญพืชเป็นหลัก โปรโตซัวจะกินเมล็ดแป้งสามารถช่วยปรับ pH และป้องกันสภาวะความเป็นกรดในกระเพาะหมักได้ (McAllister et al., 1993)

Table 4.7 Rumen microbes in goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[1]				SEM[2]	P-value[3]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
Total direct count							
Bacteria (x10^{10}cell/mL)							
0 h-post feeding	1.45	1.45	1.60	1.35	1.35	0.50	0.67
4	1.56	1.67	1.90	1.63	2.01	0.67	0.80
Mean	1.51	1.56	1.75	1.49	1.65	0.43	0.89
Fungal zoospores (x10^{6} cell/ mL)							
0 h-post feeding	1.53	1.61	1.91	1.67	0.27	0.07	0.51
4	1.52	1.51	2.67	2.15	0.37	0.11	0.72
Mean	1.52	1.56	2.29	1.91	0.28	0.06	0.97
Total Protozoa(x10^{6} cell/mL)							
0 h-post feeding	2.29	2.47	2.21	2.51	0.26	0.09	0.50
4	2.61	3.15	2.63	3.47	0.32	0.10	0.56
Mean	2.46	2.81	2.41	2.99	0.26	0.06	0.95

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

อย่างไรก็ตาม ประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนแต่ละชนิดของสัตว์ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อายุสัตว์ ระยะเวลาในการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน สภาพความกรด-ด่างของกระเพาะรูเมน ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และสัดส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบ เป็นต้น พบว่าอาหารที่มีเยื่อใยสูงทำให้มีแบคทีเรียกลุ่ม cellulolytic bacteria สูงกว่าอาหารที่มีเยื่อใยต่ำ นอกจากนี้ระดับของ NH_3-N หรือประสิทธิภาพการย่อยได้ โดยอาหารที่มีการย่อยได้สูง และอาหารที่มีผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของระดับของ NH_3-N ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น ทำให้จำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น (Song and Kennelly, 1990)

4.8 ความสมดุลของไนโตรเจน (N balance) และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน (nitrogen utilization)

ผลของการใช้กากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30% ตามลำดับ ต่อสมดุลของไนโตรเจน และปริมาณของไนโตรเจนที่กักเก็บไว้ได้ (Table 4.8) ปรากฏว่า ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบสมการเส้นตรง (linear) (L, P= .01 อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร และปริมาณการกินได้โภชนะโปรตีนในอาหาร และการย่อยได้ของโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) (Table 4.2 และ 4.3) ขณะที่ ปริมาณการขับไนโตรเจน (N

excretion) ทั้งในรูปของการขับไนโตรเจนทางปัสสาวะ (Urinary N) ปริมาณการขับไนโตรเจนในมูล (Fecal N) และปริมาณการขับโตรเจนทั้งหมด (Total N excretion) ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05)

ทำนองเดียวกับค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (Absorbed N) และปริมาณการกักเก็บไนโตรเจนในร่างกาย (Retained N) พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร (P>0.05) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับ มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้อย่างอิสระ และความสามารถในการย่อยได้ โดย Absorbed N และ Retained N มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 67.42-68.81 และ 48.35-53.78% ตามลำดับ

จากการทดลองครั้งนี้ พบว่าสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าผลของการใช้กากผลปาล์มไขมันต่ำ (LFOPM) ทดแทนกากผลปาล์มน้ำมัน (OPM) ในสูตรอาหารผสมเสร็จไม่มีผลต่อค่าความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน อาจเนื่องจาก แพะทุกกลุ่มได้รับไนโตรเจนสูงกว่าความต้องการของร่างกาย ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในกระเพาะรูเมนของแพะทุกกลุ่ม ที่มีค่าเกินระดับที่แนะนำสำหรับการเจริญที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ (5-8 mg/dL; Satter and Slyter, 1974 หรือ 3.3-8.5 mg/100 mL; Kang-Meznarich and Broderick, 1981) สำหรับการเจริญเติบโต และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนสูงสุด แสดงให้เห็นว่าอาหารที่ใช้ผลของการใช้ LFOPM ทดแทน OPM ในสูตรอาหารผสมเสร็จ สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีและเพียงพอต่อการดำรงชีพ โดยไม่มีผลกระทบต่อ ปริมาณการกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน สมดุลของไนโตรเจน การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน และสมรรถภาพของสัตว์

Table 4.8 N balance of goats fed diet with low fat oil palm meal (LFOPM)

Item	Level of LFOPM in diets (%)[2]				SEM[3]	P-value[1]	
	T1(0)	T2(10)	T3(20)	T4(30)		L	Q
N balance, g/d							
Total N intake	21.54[c]	21.97[bc]	23.16[ab]	23.49[a]	0.47	0.01	0.89
N excretion, g/d							
Fecal N	7.05	7.24	7.25	7.47	0.48	0.57	0.98
Urinary N	4.12	3.42	3.50	4.08	0.74	0.99	0.42
Total N excretion	11.17	10.66	10.76	11.55	1.12	0.81	0.58
Absorbed N	14.48	14.73	15.90	16.02	0.40	0.01	0.87
Retained N	10.36	11.31	12.40	11.93	0.98	0.23	0.50
N output (% of N intake)							
Absorbed	67.42	66.99	68.92	68.81	1.90	0.50	0.93
Retained	48.35	51.08	53.78	52.54	4.73	0.49	0.68

[a-c] Means within rows followed with different superscript letters are statistically different (P<0.05).

[1] T_1 = Level of LFOPM 0%, T_2 = Level of LFOPM 10%, T_3 = Level of LFOPM 20%, T_4 = Level of LFOPM 30%.

[2] SEM = Standard error of the mean (n = 4).

[3] P-value: L = Linear effect, Quadratic effect.

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษา การใช้ประโยชน์ของกากผลปาล์มน้ำมันจากกระบวนการหีบแบบแห้งด้วยตัวทำละลายในสูตรอาหารแพะ เพื่อจะนำไปสู่เป้าหมายในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตอาหารแพะ โดยอาศัยวัตถุดิบอาหารที่มีอยู่ในท้องถิ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ จากการวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปการดำเนินการทดลองโดยรวมได้ ดังนี้

5.1 คุณสมบัติทางเคมีของ LFOPM

คุณสมบัติทางเคมีของ LFOPM ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง (DM) เถ้ารวม (ash) อินทรียวัตถุ (OM) โปรตีนหยาบ (CP) ไขมัน (EE) ผนังเซลล์ (NDF) เซลยูโลลิกนิน (ADF) ลิกนิน (ADL) และพลังงานรวม (GE) เท่ากับ 95.86, 4.90, 95.10, 10.62, 3.63, 68.89, 49.84, 21.79% DM และ 4.95 Mcal/kg DM ตามลำดับ

5.2 การศึกษาการย่อยได้ กระบวนการหมัก และสมดุลไนโตรเจนในแพะ

ผลของอาหารที่มีระดับ LFOPM ในสูตรอาหารผสมเสร็จต่างกัน (0, 10, 20 และ 30 % ตามลำดับ) ตามลำดับ) พบว่าสามารถใช้ LFOPM ทดแทน OPM ในสูตรอาหารแพะได้ที่ระดับ 30% โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินอาหารทั้งหมดโดยรวมของอาหาร ตลอดจนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (DM, OM, CP, EE, NDF, ADF) ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ค่าเมแทบอไลท์ในกระแสเลือด ประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในแพะ แต่ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด (kg/d, %BW และ g/kg $W^{0.75}$) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบสมการเส้นตรง และมีค่า Triglyceride และ Cholesterol มีแนวโน้มลดลง ขณะที่ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total N intake) มีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) โดยปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระดับ LFOPM ที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร และสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีค่าเป็นบวกในแพะทุกกลุ่ม

จากผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้ LFOPM เป็นแหล่งพลังงานทดแทน OPM ในสูตรอาหารแพะได้ที่ระดับ 30% โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโภชนะ ปริมาณการกินได้ของโภชนะที่ย่อยได้ในอาหาร กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน สมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาผลของอาหารที่มีระดับ LFOPM ในสูตรอาหารแพะขุน หรือแพะรีดนมในระยะต่างๆ ในสภาวะการเลี้ยงของเกษตรกร ต่อไป โดยเฉพาะผลต่อคุณภาพซาก เนื้อ และน้ำนม เป็นต้น

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2530. คำแนะนำในการเลี้ยงแพะ. การส่งเสริมการปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. 2544. วัตถุดิบอาหารสัตว์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th/inform/kplamoil.html. (15 มิถุนายน 2559).

กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลเกษตรกร/ปศุสัตว์ใน (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://ict.dld.go.th/th2/index.php/th/report/11-report-thailand-livestock (เข้าถึงเมื่อ 18 สิงหาคม 2558).

กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์. 2559. วัตถุดิบอาหารสัตว์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.dld.go.th/inform/kplamoil.html. (15 มิถุนายน 2560).

จารุรัตน์ เศรษฐภักดี. 2528. อาหารสัตว์เศรษฐกิจ. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

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

ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

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

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

รัชตาภรณ์ ลุนสิน. 2559. ผลการใช้กากปาล์มรวมในสูตรอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตน้ำนมของโครีดนม. แก่นเกษตร. 44(ฉบับพิเศษ 1):395-400.

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

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

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2546. การเลี้ยงดูและการจัดการแพะ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

ปิ่น จันจุฬา และสุภิญญา ชูใจ. 2555. ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก. ว. เกษตร. 28:101-112.

ปิ่น จันจุฬ้า พัชรินทร์ ภักดีฉนวน และสุธา วัฒนสิทธิ์. 2557. ผลของระดับกลีเซอรีนดิบในอาหารผสมเสร็จต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมน และสมดุลไนโตรเจนในแพะ. ว. เกษตร. 30:291–304.

ปิ่น จันจุฬ้า. 2558. การพัฒนาและการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมัน และอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มเพื่อเป็นอาหารสัตว์: 2. การใช้ประโยชน์ของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 2:1–12.

ปราณี แซ่โค้ว. 2540. การศึกษาส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์ม. กลุ่มงานคุณค่าทางโภชนาการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ประพจน์ มลิวัลย์. 2543. คุณค่าทางโภชนาการของกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมันและการใช้ในอาหารไก่กระทง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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

พิชัย แซ่ไหน. 2534. การใช้กากปาล์มน้ำมันร่วมกับฟางข้าวปรุงแต่งยูเรียในอาหารแพะหลังหย่านม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. การผลิตอาหารสัตว์. โอ.เอส. พรินติงเฮ้าส์. กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พลับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

เมธา วรรณพัฒน์. 2538. ฟางข้าวอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

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

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

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

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

สมเกียรติ สายธนู. 2528. ลักษณะของการเลี้ยงแพะในประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์. 7:335–342.

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

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

สุชาติ ชัยวรกุล. 2532. การเลี้ยงแกะ. สำนักพิมพ์ฐานเกษตรกรรม. นนทบุรี.

สุภิญญา ชูใจ ปิ่น จันจุฬ้า ยุทธนา ศิริวัธนนุกูล และอภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลของระดับเนื้อในเมล็ดยางพาราและกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในแพะที่ได้รับหญ้าซิกแนลแห้งเป็นอาหารหลัก. แก่นเกษตร. 39:43–54

เสาวนิต คูประเสริฐ วินัย ประลมพ์กาญจน์ สุรพล ชลดำรงค์กุล และสุจิตร์ ชลดำรงค์กุล. 2530. ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพกากปาล์มน้ำมัน. ว. สงขลานครินทร์. 7:137–144.

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

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

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

อารีย์วรรณ มีแสง ปิ่น จันจุฬา วันวิศาข์ งามผ่องใส และอภิชาติ หล่อเพชร. 2553. ผลของระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนและสมดุลไนโตรเจนในแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มแห้งเป็นอาหารหลัก. แก่นเกษตร. 38:261–274.

อารีย์วรรณ มีแสง ปิ่น จันจุฬา วันวิศาข์ งามผ่องใส และอภิชาติ หล่อเพชร. 2554. ผลการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นต่อการย่อยได้ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ. วารสารเกษตร. 27:87–99.

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

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

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

Al–Rabbat, M.F., R.L. Baldwin and W.C. Weimer. 1971. Microbial growth dependence on ammonia nitrogen in the bovine rumen: a quantitative study. J. Dairy Sci. 54:1162–1171.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

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

Berk, Z. 1992. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Chapter 5 Soybean protein concentrates (SPC). Technology of production of edible flours and protein products from soybeans (online). ISBN: 92–5–103118–5. Available: http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e06.htm. Accessed on December 10, 2015.

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

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

Chanjula, P., A. Mesang and S. Pongprayoon. 2010. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay–based diet. Songklanakarin J. Sci. Technol. 32: 527–536.

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–Australas. J. Anim. Sci. 20:1557–1566.

Cheng, K.J., C.W. Forsberg, H. Minato and J.W. Costerton. 1991. Microbial ecology and physiology of feed degradation with in the rumen. In: Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in ruminant. T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima Eds., Academic Press, Tokyo.

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 deproteinization. Am. J. Med. Technol. 33:361–365.

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

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

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

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

Devendra, C. and M. Burns. 1983. Goat production in the Tropics. 2nd ed. Slough: Commonwealth Agricultural Bureau.

Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. 2. Digestibility studies. Anim. Prod. 19:67–76.

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

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

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. In: Quantitative Aspects Ruminant Digestion and Metabolism. (Eds., J. M. Forbes and J. France). pp. 107–122. C.A.B. International, Willingford.

Galyean, M. 1989. Laboratory procedure in animal nutrition research. Department of Animal and Life Science. New Mexico State University.

Ghorbani, G.R., D.P. Morgavi, K.A. Beauchemin and J.A.Z. Leedle. 2002. Effects of bacterial direct–fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle. J. Anim. Sci. 80:1977–1985.

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

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

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

Harmeyer, J. and H. Martens. 1980. Aspects of urea metabolism in ruminants with reference to the goat. J. Dairy Sci. 63:1707–1728.

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

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

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

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

Hungate, R.E. 1969. A roll tube method for cultivation of strict anaerobes, pp. 117–132. In J.R. Norris and D.W. Ribbons (ed.), Methods in microbiology, vol. 3b. Academic Press, London.

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

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

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

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

Jouany, J.P. and K. Ushida. 1999. The role of protozoa in feed digestion. Asian–Australas. J. Anim. Sci. 12:113–126.

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

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

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

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

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

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.

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

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

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

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

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

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

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

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 Goats in Temperate and Tropical Countries. National Academy Press, Washington, DC., USA.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Rengsirkul, B., and P. Sae Nai. 1991. The use of palm oil meal with urea–treated rice straw in post–weaning goat ration. Proceeding of an international seminar held in Hat Yai, Thailand, 28–31 May 1991. pp. 154–157.

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

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

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

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.

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

Seth, D.N., G.S. Rai, P.C. Yadar and M.D. Pandy. 1976. A note on the rates of secretion and chemical composition of parotid saliva in sheep and goat. Indian J. Anim. Sci. 46:660–663.

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.

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.

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

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

Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fire and non–starch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74:3579–3583.

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–Australas. J. Anim. Sci. 13 (Supplement):59–67.

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

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

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

ภาคผนวก

ประวัติผู้จัดทำรายงานวิจัย

ชื่อ – สกุล นาย ปิ่น จันจุฬา

วัน เดือน ปีเกิด 28 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2507

ตำแหน่งปัจจุบัน – รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสัตวศาสตร์
– คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ว. หาดใหญ่

สาขาชำนาญการ – โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง

อายุราชการ – 24 ปี 7 เดือน

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ – ต.ม., ต.ช., ท.ม., ท.ช., ป.ม., ป.ช., ม.ว.ม.

ผลงานทางวิชาการ
– งานแต่งหนังสือ 1 เล่ม
– บทความวิจัยตีพิมพ์ (ภาษาไทย) 29 เรื่อง
– บทความวิจัยตีพิมพ์ (ภาษาอังกฤษ) 28 เรื่อง
– บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ (ภาษาไทย) 19 เรื่อง
– บทความวิจัยเสนอในที่ประชุมวิชาการ (ภาษาอังกฤษ) 21 เรื่อง
– บทความทางวิชาการ 14 เรื่อง

รางวัลที่ได้รับ
– 11th AJAS/CAPI Outstanding Research Award, 2012 from the Asian–Australasian Association of Animal Production Societies
– รางวัลดีเด่น การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย เครือข่ายการวิจัยภาคใต้ตอนล่าง ครั้งที่ 22 ประจำปี 2555

หน่วยงาน/ ที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

– ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตหาดใหญ่ 90112
– โทร: (074) 558805; (074) 286074
– โทรสาร (074) 558805
E–mail: pin.c@psu.ac.th