บทที่ 7
องค์ประกอบทางเคมี การประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักอาหารหยาบ

บทนำ

จากผลการศึกษาในบทที่ 5 จะเห็นได้ว่า การเลี้ยงแพะทดลองด้วยทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้แพะมีปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ สมดุลไนโตรเจน และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากแพะมีปริมาณกินได้ของอาหารหยาบที่ต่ำ ซึ่งน่าจะเป็นเพราะทางใบปาล์มน้ำมันมีปริมาณเยื่อใยที่สูง มีผลทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมันต่ำ (Mohd Sukri, 2003; Ishida and Abu Hassan, 1997; Wan Zahari and Alimon, 2004) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดว่า การให้อาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration; TMR) น่าจะสามารถแก้ปัญหาในเรื่องนี้ได้ แต่เนื่องจากในการคำนวณสูตรอาหารจำเป็นจะต้องรู้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร แต่ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันที่นำมาใช้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองที่แยกศึกษาเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมันเพียงอย่างเดียว ไม่ได้เป็นข้อมูลที่ได้จากการนำเอาทางใบปาล์มน้ำมันหมักมาผสมกับอาหารข้นจนอยู่ในรูปอาหารผสมสำเร็จ ซึ่งการนำค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของทางใบปาล์มน้ำมันที่ไม่หมักหรือหมักแล้วมาใช้เป็นข้อมูลในการประมาณค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารอาจก่อให้เกิดความผิดพลาด

ดังนั้น เพื่อให้มีข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสำหรับนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และปริมาณการกินได้ของพลังงานใช้ประโยชน์ได้จึงนำเทคนิคการวัดผลผลิตแก๊สมาใช้ในการประเมินค่าดังกล่าวเป็นเบื้องต้นก่อนที่จะนำไปทดลองในตัวแพะต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบในระดับต่างๆ

2. เพื่อประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบในระดับต่างๆ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

สัตว์ทดลอง วัสดุ และอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ 4.0-5.0 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 43.07 $\pm$ 3.09 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว

2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน และอุปกรณ์สำหรับการทดลอง ได้ดำเนินการตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 4 ข้อที่ 2 และ 3 ในหัวข้อสัตว์ทดลอง วัสดุ และอุปกรณ์

3. อาหาร TMR ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 80:20, 70:30, 60:40 และ 50:50 เปอร์เซ็นต์

4. สารเคมีที่ใช้ในการประเมินการย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สตามวิธีการของ Menke และ Steingass (1988) ดังรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 4 ข้อที่ 5 ในหัวข้อสัตว์ทดลอง วัสดุ และอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมอาหารทดลอง ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน จากต้นปาล์มน้ำมันที่มีอายุประมาณ 7-8 ปี ณ สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยทำการตัดส่วนก้าน (petiole) ที่มีหนามออก นำมาสับด้วยเครื่องสับย่อยเพื่อให้มีขนาดเล็กประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท ใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 30 วัน นำทางใบปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหมักมาผสมกับอาหารข้นในรูปแบบอาหาร TMR โดยมีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ (1) 80:20 (สูตรที่ 1) (2) 70:30 (สูตรที่ 2) (3) 60:40 (สูตรที่ 3) และ (4) 50:50 (สูตรที่ 4) โดยอาหาร TMR ทุกระดับปรับให้มีระดับโปรตีน และโภชนะที่ย่อยได้รวมประมาณ 14 และ 54.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 33)

2. การเตรียมแพะทดลอง ใช้แพะลูกผสมแองโกลนูเบียน-พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ ของศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก เป็นเพศผู้ อายุ 4.0-5.0 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 43.07 $\pm$ 3.09 กิโลกรัม จำนวน 6 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง โดยแพะทุกตัวต้องผ่านการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) ก่อนเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน ให้แพะได้รับหญ้าเนเปียร์สดแบบเต็มที่ (*ad libitum*) เสริมด้วยอาหารข้นซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพด

กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ให้น้ำสะอาดกินตลอดเวลา

3. การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) โดยมีอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ 4 สูตร (หมายถึงมีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ) เป็นปัจจัยในการทดลอง โดยแต่ละปัจจัยการทดลองมีจำนวน 5 ซ้ำ

ตารางที่ 33 สัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและวัตถุดิบอาหารข้นที่ผสมเป็นอาหาร TMR (% วัตถุแห้ง)

ข้อมูล	อาหารทดลองสูตร			
	1	2	3	4
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	80.00	70.00	60.00	50.00
ปลาป่น	6.00	5.20	5.00	5.00
กากถั่วเหลือง	3.80	5.00	5.70	5.00
ปลายข้าว	3.20	7.50	14.80	14.00
ข้าวโพดบด	4.50	10.00	12.50	24.00
Di-calcium phosphate	0.50	0.50	0.50	0.50
ยูเรีย	1.50	1.30	1.00	1.00
เกลือแกง	0.50	0.50	0.50	0.50
ปริมารรวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ				
โปรตีนรวม (% วัตถุแห้ง)	13.99	14.02	14.07	14.09
โภชนะที่ย่อยได้รวม (%TDN)	48.81	52.79	57.07	60.76

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ ทำการวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ใช้วิธี Proximate analysis (AOAC, 2000) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน ใช้วิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1970)

5. การศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊ส ทำการศึกษาจลศาสตร์การผลิตแก๊สเพื่อประเมินการย่อยได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในบทที่ 4 ดังนี้

5.1 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov และ McDonald (1979) (สมการที่ [1])

5.2 นำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินค่าศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) จากสมการ d = |a| + b (Menke and Steingass, 1988) และประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR แต่ละทรีทเมนต์จากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ Menke และคณะ (1979) ดังนี้

$$ME_{ration}\ (MJ/kg\ DM) = 1.242 + (0.146xGv) + (0.007x\%CP) + (0.0224x\%CF) \qquad [5]$$

เมื่อ Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชม. (มล./น้ำหนักอาหาร TMR) ดังแสดงในบทที่ 4

5.3 ประเมินหาเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter, DOM) ของอาหาร TMR แต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการของ Menke และคณะ (1979) ดังแสดงในบทที่ 4

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าจลศาสตร์การผลิตแก๊ส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบแต่ละทรีทเมนต์ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's new multiple range test (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ

ผลจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับอาหารข้นในสัดส่วนที่แตกต่างกันกัน 4 ระดับ คือ สูตรที่ 1 (80:20), สูตรที่ 2 (70:30), สูตรที่ 3 (60:40) และ สูตรที่4 (50:50) แสดงในตารางที่ 34 โดยพบว่าอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีปริมาณโปรตีนรวม เท่ากับ 14.9, 15.3, 15.0 และ 14.8% ของวัตถุแห้ง มีปริมาณผนังเซลล์ เท่ากับ 65.47, 59.48, 58.20 และ 51.36% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 50.93, 44.82, 44.05 และ 42.65% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ และมีปริมาณลิกนิน เท่ากับ 11.05, 10.02, 9.29 และ 8.51% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะสัดส่วนอาหารหยาบในอาหาร TMR สูตรที่ 1 สูงที่สุด คือ 80: 20 รองลงมาคือ สูตรที่ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ สำหรับปริมาณไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก ผลการคำนวณพบว่า

อาหาร TMR สูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุด คือ 45.24% ของวัตถุแห้ง รองลงมาคือ สูตรที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ (40.98, 32.68 และ 27.50% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ) เนื่องจากอาหาร TMR สูตรที่ 4 มีสัดส่วนของอาหารข้นมากที่สุด คือ 50: 50 อาหาร TMR ที่ศึกษาครั้งนี้จึงมีปริมาณ NDF, ADF และ ADL ลดลงตามสัดส่วนของอาหารหยาบ (ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก) ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าโปรตีนรวมที่วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนรวมในสูตรอาหารข้นสำหรับเลี้ยงแพะของศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คือ 14.60%

ตารางที่ 34 องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR สูตรต่างๆ ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ

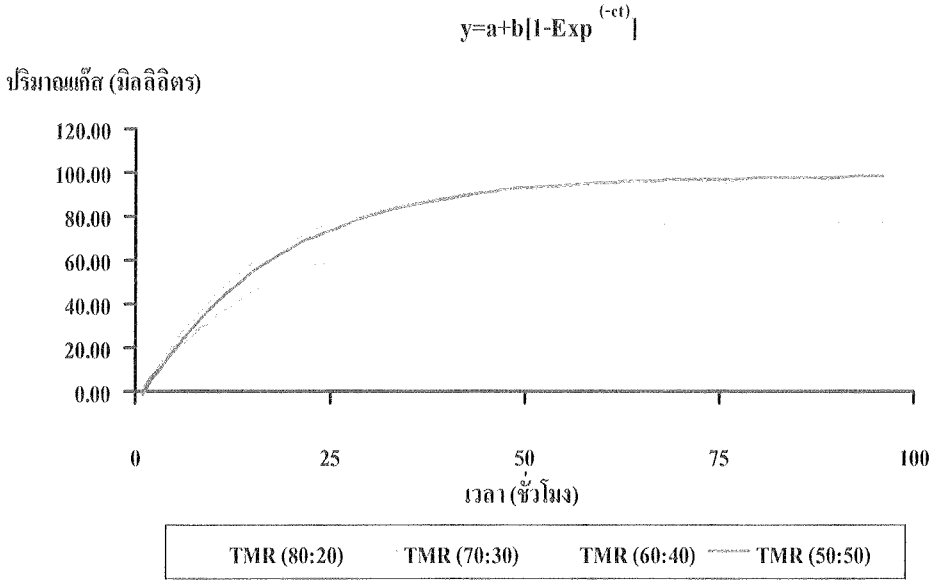
รายการ	อาหารทดลองสูตร			
	1	2	3	4
วัตถุแห้ง (สภาพสด)	42.93	44.36	46.81	46.31
วัตถุแห้ง	95.17	96.06	96.43	96.49
	◄	%ของวัตถุแห้ง		►
อินทรียวัตถุ	88.73	89.39	91.10	92.07
โปรตีนรวม	14.92	15.29	15.00	14.78
ไขมันรวม	11.60	11.74	11.56	11.19
เถ้า	11.27	10.61	8.90	7.93
เยื่อใยรวม	34.69	29.67	23.57	20.86
ผนังเซลล์	65.47	59.48	58.20	51.36
ลิกโนเซลลูโลส	50.93	44.82	44.05	42.65
ลิกนิน	11.05	10.02	9.29	8.51
เฮมิเซลลูโลส[1/]	14.54	14.66	14.15	8.71
เซลลูโลส[2/]	39.88	34.80	34.76	34.14
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก[3/]	27.52	32.69	40.97	45.24

[1/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส; [2/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน; [3/] ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก = 100 – (%โปรตีนรวม + %เยื่อใยรวม + ไขมันรวม + %เถ้า)

จลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร TMR ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ

ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (y) ของอาหาร TMR ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ ทั้ง 4 สูตร ซึ่งประเมินจากสมการ $y = a+b[1-Exp^{(-ct)}]$ พบว่า อาหาร TMR ที่มี

ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบสูตรที่ 4 มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด รองลงมาคือ อาหารTMR ที่มีทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบสูตรที่ 3, 2 และ 1 ตามลำดับ (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 11 ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 0.5 กรัม ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ) ที่ประเมินจากสมการ $y = a+b\,[1-Exp^{(-ct)}]$ ที่เกิดขึ้นตลอด 96 ชั่วโมง

จากภาพที่ 11 เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ (y) พบว่าอาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีค่า y ที่ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 สูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75.09, 72.49; 91.77, 92.17 และ 96.39, 98.40 มล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าที่ได้จากอาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) (51.77, 58.62; 65.50, 72.72 และ 70.35, 77.04 มล. ตามลำดับ) การที่อาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงสุดอาจเป็นเพราะอาหาร TMR ทั้งสองสูตร มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพียง 60 และ 50 % ตามลำดับ ทำให้มีปริมาณผนังเซลล์น้อยกว่า (58.20 และ 51.36% ของวัตถุแห้ง) อาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 (สัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 80 และ 70% ตามลำดับ) ที่มีปริมาณผนังเซลล์เท่ากับ 65.47 และ 59.48% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้อาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 ยังมีปริมาณลิกนินน้อยกว่า (9.29 และ 8.51% ของวัตถุแห้ง) อาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 (11.05 และ 10.02% ของวัตถุแห้งตามลำดับ) สอดคล้องกับข้อสรุปของ Sallam และคณะ (2007) ที่กล่าวว่าส่วนประกอบของผนังเซลล์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดระยะเวลาการบ่ม และผนังเซลล์อาจทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ต่อการย่อยได้ลดลง จากการทดลองดังกล่าว พบว่า

ปริมาณของผนังเซลล์จะลดลง ตามสัดส่วนที่ลดลงของอาหารหยาบในอาหาร TMR ดังนั้นเมื่อสัดส่วนของอาหารหยาบลดลงในอาหาร TMR ขณะที่สัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้น จึงน่าจะมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตแก๊สเพิ่มขึ้น

สำหรับการพิจารณาค่าพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 35) พบว่า อาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีค่า a, b และ d เท่ากับ -7.67, -7.44; 104.46, 106.31 และ 112.13, 113.74 มล. ตามลำดับ สูงกว่าอาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 (-2.34, -2.98; 73.29, 80.42 และ 75.88, 83.40 มล. ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้ Ørskov (1982) อ้างโดย เมธา (2533) กล่าวว่า การที่ค่า a เป็นลบ อาจจะเกิดขึ้นจากส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายในอาหาร ซึ่งจากผลจากทดลองครั้งนี้แสดงว่าส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายเกิดจากปริมาณไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มสูงขึ้นจึงส่งผลให้ปริมาณของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ศักยภาพในการย่อยสลาย และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร TMR สูงขึ้นตามลำดับ ส่วนค่า c ซึ่งหมายถึง อัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักของอาหาร พบว่า ค่า c ของอาหาร TMR สูตรที่ 3 มีค่าสูงกว่า (0.07%/ชม.) อาหาร TMR สูตรที่ 1 (0.06%/ชม.), 2 (0.06%/ชม.) และ 4 (0.06%/ชม.) ตามลำดับ ($P<0.05$) ดังนั้นเมื่อนำทางใบปาล์มน้ำมันหมักมาผสมกับอาหารข้นในรูปแบบอาหาร TMR ทำให้ ค่า b และ d ของอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตรสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักเพียงอย่างเดียว โดยในบทที่ 4 การทดลองที่ 1 ซึ่งศึกษาโดยใช้น้ำรูเมนจากแพะ โดยค่าพลศาสตร์การผลิตแก๊สของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % มีค่าศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร (b) เท่ากับ 21.55, 24.78, 22.23 และ 25.97 มล. ตามลำดับ และค่าศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร (d) เท่ากับ 22.57, 25.34, 23.35 และ 27.32 มล. ตามลำดับ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการทดลองในบทที่ 4 การทดลองที่ 2 ซึ่งศึกษาโดยใช้น้ำรูเมนโค ที่พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4, และ 6 % มีค่า b เท่ากับ 25.31, 23.39, 22.85 และ 21.95 มล. และมีค่า d เท่ากับ 28.61, 27.66, 26.12 และ 25.69 มล. ตามลำดับ

อนึ่ง การที่ค่า b และ d ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าผลการศึกษาในบทที่ 4 การทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 อาจเป็นเพราะการศึกษาครั้งนี้ใช้อาหาร TMR ซึ่งมีอาหารข้นเป็นส่วนประกอบทำให้มีอินทรียวัตถุที่สูงกว่า โดยอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีอินทรียวัตถุ เท่ากับ 88.73, 89.39, 91.10 และ 92.07 ตามลำดับ มีผลทำให้ค่า b และ d สูงกว่า อย่างไรก็ตาม ค่า a ในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่าที่รายงานไว้ในบทที่ 4 ทั้ง 2 การทดลอง อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากวัตถุดิบอาหารข้นที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร TMR แต่มีค่าอัตราการผลิตแก๊สโดยเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการหมักของอาหาร (c) ใกล้เคียงกัน

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ

สำหรับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร (ตารางที่ 35) คำนวณโดยใช้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Menke et al., 1979) พบว่าอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 1.17, 1.23, 1.22 และ 1.20 เมกกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง ตามลำดับ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาหาร TMR สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพ (1.20 เมกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) ของแพะที่มีน้ำหนัก 20 กก. และไม่เลี้ยงลูก (NRC, 1981) โดยอาหาร TMR สูตรที่ 1 มีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Wan Zahari และ Alimon (2004) คือเท่ากับทางใบปาล์มน้ำมันสด (1.17 เมกะแคลอรี/กก.วัตถุแห้ง) ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพ ยิ่งไปกว่านั้น ผลการศึกษาเรื่องนี้ให้ข้อมูลที่ค่อนข้างจะขัดแย้งกับผลการคำนวณปริมาณโภชนะที่ย่อยได้รวม (ตารางที่ 33) ที่แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์โภชนะที่ย่อยได้รวมที่ค่าเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นในสูตรอาหาร TMR เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงข้อผิดพลาดอันอาจจะเกิดจากการกระจายของชิ้นส่วนทางใบปาล์มน้ำมันบดซึ่งอาจจะมีส่วนก้านทางใบมากกว่าส่วนใบ รวมทั้งสมการทำนายพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (บทที่ 4 สมการที่ [3]) ยังอาจจะไม่เหมาะสมในส่วนค่าคงที่ของอาหารหยาบและอาหารข้นที่นำมาคำนวณซึ่งกำหนดไว้ที่ 47 และ 68 ตามลำดับ จึงยังจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยในส่วนนี้ต่อไป

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณแก๊สสะสมจะเห็นได้ชัดเจนว่ามีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เนื่องจากปริมาณแก๊สที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการย่อยสลายได้ขององค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ เช่น แป้ง (De Biover et al., 2005 อ้างโดย Sallam et al., 2007)

อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ

อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 34) พบว่า อาหาร TMR ที่ทั้ง 4 สูตร มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 36.28, 37.85, 37.02 และ 37.38% ตามลำดับ ($P>0.05$) ซึ่งสูงกว่าค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ซึ่งคำนวณโดยวิธีวัดผลผลิตแก๊สมีค่าเท่ากับ 32.30, 33.42, 32.93 และ 36.08% ตามลำดับ ที่รายงานไว้ในบทที่ 4 การทดลองที่ 1 (ตารางที่ 9) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลเนื่องมาจากอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีวัตถุดิบอาหารข้นเป็นส่วนประกอบจึงมีผลทำให้ค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงกว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล แต่ทั้งนี้ค่า

อินทรียวัตถุที่ย่อยได้จากอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร ที่คำนวณได้ก็ยังมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในบทที่ 5 ที่พบว่าแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันและเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวมีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 42.27-46.18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 34 ค่าคงที่ของคุณลักษณะการผลิตแก๊ส ปริมาณผลผลิตแก๊ส พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหาร TMR ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นอาหารหยาบ

ปัจจัยที่ศึกษา	อาหารทดลองสูตร				SEM	P-value
	T1	T2	T3	T4		
ลักษณะรูปแบบการผลิตแก๊ส						
a, มล.	-2.34[a]	-2.98[a]	-7.67[b]	-7.44[b]	1.80	0.0001
b, มล.	73.29[b]	80.42[b]	104.46[a]	106.31[a]	7.98	0.0001
c, %/ ชั่วโมง	0.06[b]	0.06[b]	0.07[a]	0.06[b]	0.004	0.0181
d, มล.	75.88[b]	83.40[b]	112.13[a]	113.74[a]	8.96	0.0001
ปริมาณผลผลิตแก๊ส (มิลลิลิตร)						
24 ชั่วโมง	51.77[c]	58.62[b]	75.09[a]	72.49[a]	4.96	0.0001
48 ชั่วโมง	65.50[b]	72.72[b]	91.77[a]	92.17[a]	5.99	0.0001
96 ชั่วโมง	70.35[b]	77.04[b]	96.39[a]	98.40[a]	6.95	0.0001
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้						
เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง [1/]	4.90	5.16	5.03	5.09	0.18	0.7881
เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง [2/]	1.17	1.23	1.22	1.20	0.04	0.7913
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์) [3/]	36.28	37.85	37.02	37.38	1.09	0.7870

1/ ME_{ration} (MJ/kg DM) = 1.242 + (0.146 x Gv) + (0.007 x %CP) + (0.0224 x %CF); 2/ ME (Mcal/kg DM) = (MJ/kg DM)/4.184; 3/ DOM (%) = 14.88 + (0.889 x Gv) + (0.045 x %CP) + (0.065 x %Ash)

อย่างไรก็ตาม การที่ค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (จากการคำนวณ) มีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบการศึกษาในอาหารหยาบชนิดอื่น เช่น แสดงให้เห็นว่า แพะยังไม่สามารถใช้ประโยชน์อาหาร TMR ทุกสูตรได้อย่างเต็มที่ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการย่อยสลายอินทรียสาร (เช่น โปรตีนรวม เยื่อใยรวม หรือไขมันรวม เป็นต้น) ในอาหารที่ต่ำมาก (บุญล้อม, 2541)

สรุป

ผลการประเมินการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร ด้วยเทคนิคผลผลิตแก๊สและใช้น้ำรูเมนจากแพะสรุปได้ว่า อาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีค่าพลศาสตร์การผลิตแก๊ส ได้แก่ ค่า a, b และ d สูงกว่าอาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 แต่อาหาร TMR สูตรที่ 3 มีค่า c สูงกว่าอาหาร TMR สูตรที่ 1, 2 และ 4 ($P<0.05$) เมื่อตรวจวัดปริมาณผลผลิตแก๊สในชั่วโมงที่ 24, 48 และ 96 พบว่าอาหาร TMR สูตรที่ 3 และ 4 มีปริมาณผลผลิตแก๊สสูงกว่าอาหาร TMR สูตรที่ 1 และ 2 ($P<0.01$) โดยอาหาร TMR ทั้ง 4 สูตร มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)