

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคทูลัมแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ และหญ้าพลิแคทูลัมแห้ง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าหญ้าพลิแคทูลัมแห้งมีวัตถุแห้ง 92.16 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 91.72 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 3.04 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.21 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8.28 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 41.72 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 6.28 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 46.76 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 82.19 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 54.01 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 8.84 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 28.19 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 45.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า พลิแคทูลัมแห้งในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ ลินดา (2551) และ ขวัญชนก (2552) ที่รายงานว่า หญ้าพลิแคทูลัมแห้งที่อายุการตัด 70 วัน ที่ผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุ 92.01–92.88 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 1.47–3.62 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 0.23–0.74 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.12–7.99 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 81.38–87.45 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 50.02–56.10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าหญ้าพลิแคทูลัมแห้งที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากเป็นหญ้าที่ตัดเมื่ออายุ 70 วัน และผ่านการเก็บเมล็ดแล้ว อีกทั้งยังมีส่วนของก้านมากกว่าใบ จึงส่งผลให้ระดับของโปรตีนต่ำ และเยื่อใยสูง นิวัติ (2543) กล่าวว่าคุณค่าของพืชอาหารสัตว์จะเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปตามปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ฤดูกาล ปัจจัยแวดล้อมที่พืชอาศัยอยู่ และชนิดของพืช ซึ่งส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ปกติพืชจะมีคุณค่าอาหารสูงในช่วงที่กำลังเจริญเติบโต และจะลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยพบว่า พืชที่แก่จะมีปริมาณของโปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรต และฟอสฟอรัสลดลง และมีเยื่อใยรวม เซลลูโลส และลิกนินเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนระหว่างลำต้นและใบ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของพืชเป็นต้น

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

ในโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก 44.82 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 3.63 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 27.68 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 68.87 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.68 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 14.73 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 16.19 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 37.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งองค์ประกอบของโภชนะของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิด พันธุ์ ปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การจัดการสวนปาล์ม สภาพแวดล้อม กรรมวิธีในการสกัด แยกน้ำมัน โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด จะยังคงมีน้ำมัน เหลืออยู่ประมาณ 5–10 เปอร์เซ็นต์ (จินดา, 2548) ดังนั้นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งมีไขมันรวม 9.40 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบ น้ำมันด้วยเกลียวอัด อย่างไรก็ตาม โปรตีนรวมของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ ใกล้เคียงกับการศึกษาของ นิวัต (2531) และสมบัติ (2544) ที่รายงานว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ที่สกัดน้ำมันปาล์มโดยวิธีหีบโดยเกลียวอัด มีโปรตีนรวม 14.40 และ 14.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ต่ำกว่ารายงานของ สุมิตรรา (2543) และประพจน์ (2543) ที่พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ สกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัด มีโปรตีนรวม 17.49 และ 15.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนอง เดียวกันไขมันรวมในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่ารายงานของ สุมิตรรา (2543) และประพจน์ (2543) ที่ พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่สกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัดมีไขมันรวม 13.71 และ 11.25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่เยื่อใยรวมในการศึกษาครั้งนี้สูงกว่ารายงานของนิวัต (2531) และ ประพจน์ (2543) ที่พบว่ากากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันสกัดด้วยวิธีหีบโดยเกลียวอัดมีเยื่อใยรวม 14.80 และ 15.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ พบว่า วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม เถ้า ไขมันรวม เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน ในโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างมีค่าอยู่ในช่วง 88.54–88.88 เปอร์เซ็นต์ 93.59–94.57 เปอร์เซ็นต์ 15.48–15.89 เปอร์เซ็นต์ 5.43–6.41 เปอร์เซ็นต์ 3.22–7.80 เปอร์เซ็นต์ 8.77–16.11 เปอร์เซ็นต์ 31.79–51.19 เปอร์เซ็นต์ 13.29–32.72 เปอร์เซ็นต์ 4.72–11.05 เปอร์เซ็นต์ 55.49–60.99 เปอร์เซ็นต์ และ 19.04–43.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเปอร์เซ็นต์ในโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม เยื่อใยรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้ในสูตรอาหารมี องค์ประกอบของ ไขมันรวม และเยื่อใยสูง (9.40 และ 27.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับ เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ โปรตีนรวม และเถ้าในอาหารชั้นแต่ละสูตรพบว่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมี ของหญ้าปลีแคททูล้มแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ
(เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

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

^{1/}ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = $100 - (\% \text{โปรตีนรวม} + \% \text{เยื่อใยรวม} + \% \text{ไขมันรวม} + \% \text{เถ้า})$

^{2/}คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = $100 - (\% \text{โปรตีนรวม} + \% \text{ผนังเซลล์} + \% \text{ไขมันรวม} + \% \text{เถ้า})$

^{3/}เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

^{4/}เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูลัมแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า แพะทั้ง 6 กลุ่มมีปริมาณการกินได้ของหญ้าพลิกเททูลัมแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.232–0.299 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.88–1.09 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 19.93 – 24.76 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก แม้ว่าคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก มีแนวโน้มลดลงในรูปโค้งกำลังสอง (quadratic) ($Q, P=0.08$ และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ขณะที่ปริมาณการกินได้ของอาหารข้นพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยปริมาณการกินได้ของอาหารข้มนี้อยู่ในช่วง 0.504 – 0.530 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 1.88–1.94 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 42.98–44.24 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ทำนองเดียวกันปริมาณการกินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิกเททูลัมแห้งและอาหารข้น) ของแพะทั้ง 5 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.748–0.829 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 2.79–3.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 63.30–68.56 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน แม้ว่าเมื่อคิดเป็นหน่วยเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก จะมีแนวโน้มลดลงในรูปแบบโค้งกำลังสอง (quadratic) ($Q, P=0.06$ และ 0.10 ตามลำดับ) ตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ สายันต์ (2547) ที่พบว่า แพะพื้นเมืองไทย x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล มีปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (370.17, 370.56, 373.08, 350.41 และ 319.62 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารข้นได้โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้อย่างอิสระ อย่างไรก็ตามการใช้อาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์เสริมให้กับแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูลัมแห้งในการศึกษาครั้งนี้ไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตของแพะลดลง โดยแพะทั้ง 5 กลุ่มมีน้ำหนักเพิ่มในระยะ 21 วันของการทดลอง เท่ากับ 1.26, 1.05, 0.84, 1.47 และ 0.63 กิโลกรัมตามลำดับ ($P>0.05$) และมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวเท่ากับ 0.06, 0.05, 0.04, 0.07 และ 0.03 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P>0.05$)

ตารางที่ 6 ปริมาณอาหารที่กินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูลัมแห้ง และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

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

^{1/} L = linear, Q = quadratic

^{a,b,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ปริมาณโภชนาที่กินได้

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

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

ตารางที่ 7 ปริมาณโภชนาที่กินได้ ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูลัมแห้ง และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

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

^{1/} L = linear, Q = quadratic

^{ab,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนา

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนาของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูลัมแห้ง และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียัตถุ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียัตถุลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L, $P = 0.005$) ทั้งนี้เนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นในระดับสูงขึ้น ส่งผลให้อาหารมีไขมันรวมสูงขึ้นตามระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหารจึงอาจมีผลต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีคาร์โบไฮเดรตที่มีโครงสร้างสูง การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง จึงมีผลทำให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างในสูตรอาหารลดลง ทั้งนี้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถูกย่อยและสลายตัวได้เร็วในกระเพาะรูเมน

(Church, 1979) การใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นที่ระดับสูง จึงอาจมีผลทำให้การย่อยได้ของอาหารลดลง สอดคล้องกับสายันต์ (2547) ที่รายงานว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของอาหารชั้นลดลง เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารเพิ่มขึ้น ทำนองเดียวกัน พิชัย (2534) รายงานว่า การเสริมอาหารชั้นที่มีส่วนประกอบของกากปาล์มน้ำมันมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารลดลง ($P < 0.05$)

สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (69.28, 72.83 และ 70.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (63.64 และ 58.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมลดลงในรูปเส้นตรง (L , $P = 0.001$) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นเพิ่มขึ้น

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส ของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสลดลงในรูปเส้นตรง (L , $P = 0.006$ และ 0.05 ตามลำดับ) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นในระดับสูงขึ้น ส่งผลให้อาหารมีเปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน เพิ่มขึ้นจึงทำให้การย่อยได้ของผนังเซลล์และ ลิกโนเซลลูโลสลดลง เนื่องจาก ผนัง-เซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน มีสหสัมพันธ์ในเชิงลบกับการย่อยได้ของอาหาร (Hart and Wannapat, 1992) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ไขมันที่เพิ่มสูงขึ้นก็ส่งผลให้การย่อยได้ต่ำลงเนื่องจาก 1) ไขมันเข้าไปหุ้ม หรือเคลือบผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก หรือไม่สามารย่อยเยื่อใยได้ 2) ไขมันอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิดเป็นผลให้ประชากรจุลินทรีย์ลดลง เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน 3) กรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ทำให้การทำงานลดลง และ 4) กรดไขมันสายยาวไปทำปฏิกิริยากับธาตุที่มีประจุบวก (cation) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (insoluble complex) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อจำนวนธาตุที่มีประจุ-บวก ที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะ-รูเมนทำให้การย่อยได้ลดลง (Devendra and Lewis, 1974)

เมื่อพิจารณาโภชนะที่ย่อยได้รวมของแพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (79.16 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าที่ระดับ 45 และ 55

เปอร์เซ็นต์ (68.97 และ 65.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ โภชนะที่ย่อยได้รวมลดลงในรูปเส้นตรง (L , $P = 0.02$) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารชั้นที่ใช้กากเนื้อเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับสูง มีเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะของสัตว์ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ สายันต์ (2547) ที่พบว่า แพะลูกผสมพื้นเมือง x แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 0 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล มีโภชนะที่ย่อยได้รวม 91.44 และ 87.05 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเศษเหลือจากรวงข้าวหมักด้วยยูเรียเสริมกากน้ำตาล ซึ่งมีโภชนะที่ย่อยได้รวม 78.23, 72.55 และ 75.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 8 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โภชนะของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคทูลัมแห้ง และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ

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

^{1/}L = linear, Q = quadratic

^{abc}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{2/}โภชนะที่ย่อยได้รวม = DCP + DCF + DNFE + (DEE x 2.25)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกแคลทูล้มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (0.601 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (0.528 และ 0.453 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ มีค่าลดลงในรูปเส้นตรง ($P, L = 0.001$) เมื่อระดับของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น โดยแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ (0.054 และ 0.050 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15 และ 25 เปอร์เซ็นต์ (0.065 และ 0.069 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และโปรตีนของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

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

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

เดียวกันเมื่อคิดในหน่วย เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (2.61 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (2.48 และ 2.32 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับมีแนวโน้มลดลงในรูปเส้นตรง ($L, P = 0.004$) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารชั้นเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจากการกินได้ และการย่อยได้ ของอินทรีวัตถุของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับเพียงพอกับความต้องการของแพะน้ำหนัก 20 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้เฉลี่ย 1.32 เมกะแคลอรีต่อวัน (NRC, 1981)

ตารางที่ 9 ปริมาณ โภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแกทูลัมแห้ง และอาหารชั้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่าง ๆ

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

¹L = linear, Q = quadratic

^{ab,c} ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

²พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/วัน) = ปริมาณอินทรีวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) x 3.8 (Kearl, 1982)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

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

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

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

ตารางที่ 10 อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนของ
แพะที่ได้รับหญ้าพลิกเททูล่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ด
ปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ

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

^uL = linear, Q = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

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

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

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ปริมาณกรดแอซติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทิริก และสัดส่วนของกรดแอซติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าฟลิคเกทูลัมแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารมีค่าอยู่ในช่วง 57.70–59.59 และ 83.75–95.11 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 70.73–77.35 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ (95.11 มิลลิโมลต่อลิตร) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (87.38 และ 83.75 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เนื่องจากแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของอินทรีวัตถุ และการย่อยได้ของอินทรีวัตถุสูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (75.58, 77.35 และ 75.35 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) สูงกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ (71.76 และ 70.73 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดลดลงในรูปแบบเส้นตรง (L , $P = 0.02$, 0.01) เมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเพิ่มขึ้น อาจเนื่องจาก ปริมาณการกินได้ของอาหารทั้งหมด การย่อยได้ของอินทรีวัตถุ และปริมาณอินทรีวัตถุที่ย่อยได้ของแพะ ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าลดลงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น จึงมีผลต่อกระบวนการหมัก และการผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีวัตถุ โดยถ้าหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีวัตถุเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันอยู่ในช่วง 70–150 มิลลิโมลต่อลิตร (บุญล้อม, 2541) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาหารและระยะเวลาหลังให้อาหารมือนั้น โดยกรดที่มีมากที่สุด คือ กรดแอสติก สัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง จะมีกรดแอสติกในกระเพาะรูเมน 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และเมื่อสัดส่วนของอาหารขึ้นเพิ่มขึ้นกรดแอสติกจะลดลง ในขณะที่กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้น โดยกรดโพรพิโอนิกจะมีประมาณ 18–20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด หากสัตว์ได้รับอาหารขึ้นสูงจะมีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนสูง ส่วนกรดบิวทิริกมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (บุญล้อม, 2541) สอดคล้องกับ เมธา (2533) ที่กล่าวว่า กรดแอสติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทิริกในกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมควรอยู่ที่ 65–70, 20-22 และ 10-15 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และมีสัดส่วนของกรดแอสติกต่อกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 1-4 ตามลำดับ สำหรับในการศึกษาครั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายและชนิดของกรดไขมันระเหยง่าย พบว่ากรดแอสติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร อยู่ในช่วง 69.39–71.36 และ 71.04–72.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดแอสติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในช่วง 70.22–71.88 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สำหรับกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารอยู่ในช่วง 19.15–20.21 เปอร์เซ็นต์ และ 19.93–20.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิโอนิกอยู่ในช่วง 19.57–20.86 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 5 กลุ่มที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 6.06–7.53 เปอร์เซ็นต์ และ 4.94–6.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของกรดบิวทิริกมีค่าอยู่ในช่วง 5.98–6.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารขึ้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 45 เปอร์เซ็นต์ (6.06 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหารขึ้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25 และ 35 เปอร์เซ็นต์ (7.24, 7.51 และ 7.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณกรดบิวทิริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดบิวทิริกอยู่ในช่วงที่ปกติ

สำหรับสัดส่วนของกรดแอสติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอสติกต่อกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

โดยมีค่าอยู่ในช่วง 3.48–3.77, 3.31–3.71 และ 3.39–3.74 ตามลำดับ แต่แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35 และ 45 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มสัดส่วนความเข้มข้นของกรดแอซิดิกต่อกรดโพรพิโอนิก ต่ำกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Van Soest (1994) กล่าวว่า สัดส่วนกรดแอซิดิกต่อกรดโพรพิโอนิกที่ต่ำกว่าจะช่วยเพิ่มการกักเก็บพลังงาน เพราะการผลิตกรดโพรพิโอนิก ให้ประสิทธิภาพของพลังงานสูงกว่า และในทางทฤษฎีสามารถลดการผลิตแก๊สเมเทน จากการรีดิวิชั่นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยไฮโดรเจน (H) ที่เกิดจากกระบวนการสังเคราะห์กรดทั้งสอง ($\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4$) (Preston and Leng, 1987) แต่สำหรับการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิกจะไม่มีแก๊สเมเทนเกิดขึ้น ดังนั้นถ้ามีการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิกมากก็จะมีแก๊สเมเทนเกิดขึ้นน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการสังเคราะห์กรดแอซิดิกและกรดบิวทิริกมากกว่าก็จะมีแก๊สเมเทนเกิดขึ้นมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานทางหนึ่งนอกเหนือจากความร้อนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมัก (เมธา, 2533)

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ตารางที่ 11 กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิกเทพาลุ่มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในระดับต่าง ๆ

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

^{1/}L = linear, Q = quadratic

^{a,b,c}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคทูลัมแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับ 15, 25, 35, 45 และ 55 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังตารางที่ 12 พบว่า แพะทั้ง 5 กลุ่ม มีจำนวน แบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $1.49-1.88 \times 10^{10}$ และ $1.52-2.29 \times 10^5$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1966) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรของแบคทีเรีย และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง $10^{10}-10^{12}$ และ 10^4-10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้จำนวนประชากรโปรโตซัว ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมด มีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรงเมื่อระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารข้นในระดับที่สูงขึ้น ส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลในสูตรอาหารลดลง ซึ่งจำนวนประชากรโปรโตซัวต่อมิลลิลิตรของเหลวในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายได้ของแป้งและน้ำตาล (Jouaney and Ushida, 1999) โดยแป้งในสูตรอาหารจะช่วยพัฒนาการเจริญเติบโตของโปรโตซัว (Chamberlain *et al.*, 1985) สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah และคณะ (1995) พบว่าประชากรโปรโตซัวลดลงในแกะกลุ่มที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหลัก เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือ โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. และ *Entodiniomorphs* spp. พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $0.49-0.90 \times 10^6$ และ $2.32-2.96 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากรโปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah และคณะ (1995) ซึ่งพบว่า ในแกะที่ได้รับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหลัก มีประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากร โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. ซึ่งโดยทั่วไปแล้วประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่าประชากร โปรโตซัวกลุ่ม *Holotrich* spp. (Russell, 2002)

ตารางที่ 12 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อรา ในกระเพาะรูเมนของแพะที่
ได้รับหญ้าพลีแคททูล์ม และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
ที่ระดับต่างๆ

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

¹L = linear, Q = quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

เมแทบอลิซึมในเลือด

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

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

ตารางที่ 13 ปริมาตรเมดเลือดแดงอัดแน่น ยูเรีย-ไนโตรเจน และกลูโคสในเลือดของแพะที่ได้รับ
หญ้าพลิเคททุ้มแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน
ในระดับต่างๆ

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

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

ให้เห็นว่าการใช้กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสูตรอาหารไม่กระทบต่อกระบวนการใช้ประโยชน์ของพลังงานในตัวสัตว์

ความสมดุลของไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

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

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

ทุกกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าระดับกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความสมดุลของไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี และเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัตว์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารน้อยสัตว์จะเพิ่มการกักเก็บไนโตรเจนไว้ในร่างกาย โดยไตจะลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะทำให้ยูเรียหมุนกลับเข้าสู่กระแสโลหิตได้อีก (Church, 1979)

ตารางที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจน ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททุลัมแห้ง และอาหารข้นที่ประกอบด้วยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ระดับต่างๆ

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

^{1/}L = linear, Q = quadratic

^{a,b,c}ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย