การใช้สายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในอาหารแพะเพศผู้หลังหย่านม

The Use of Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) in Diet of Post Weaning Male Goat

สุกัญญา พูลทจิตร

Sukanya Poolthajit

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Animal Science
Prince of Songkla University
2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้สายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในอาหารแพะเพศผู้หลังหย่านม
ผู้เขียน นางสาวสุกัญญา พูลทจิตร
สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรศักดิ์ คชภักดี)

.....กรรมการ
(ดร. เทียนทิพย์ ไกรพรม)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอแสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ลงชื่อ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นางสาวสุกัญญา พูลทจิตร)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....
(นางสาวสุกัญญา พูลทจิตร)
นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การใช้สายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในอาหารแพะเพศผู้หลังหย่านม
ผู้เขียน นางสาวสุกัญญา พูลทจิตร
สาขาวิชา สัตวศาสตร์
ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการใช้สายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในอาหารแพะเพศผู้หลังหย่านม โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ สายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากถั่วเหลือง และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส พบว่า เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด คือ กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด สายหางกระรอก และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน (91.68, 88.61, 70.82 และ 42.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ เป็นไปในทิศทางเดียวกับเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ โดยกากถั่วเหลือง และข้าวโพดบด มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 13.85 และ 13.53 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในขณะที่กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 6.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ต่ำกว่าสายหางกระรอก (11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) สำหรับเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน (P>0.05) โดยอยู่ในช่วง 77.05-78.12 เปอร์เซ็นต์ และ 11.49-11.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของระดับสายหางกระรอกในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 11.37±2.04 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว สุ่มแบ่งแพะทดลองออกเป็น 4 กลุ่ม วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยให้แพะได้รับหญ้าพลิแคททูลั่ม (*Paspalum plicatulum*) สดแบบเต็มที่เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง เป็นระยะเวลา 90 วัน พบว่าแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโภชนะรวมที่ย่อยได้

ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (50.93 และ 54.69 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ (57.86 และ 60.10 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (237.91 กรัมต่อตัวต่อวัน) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (1.91 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ (288.14 กรัมต่อตัวต่อวัน และ 2.11 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับสมรรถภาพการเจริญเติบโต พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (5.65, 6.32, 5.82 และ 4.37 กิโลกรัม ตามลำดับ) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน(62.77, 70.30, 64.72 และ 48.60 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (10.10) ด้อยกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (7.62 และ 7.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อพิจารณาต้นทุนและกำไรจากการเลี้ยงแพะ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม เท่ากับ 49.09 และ 49.89 บาทต่อตัว ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (55.75 และ 59.21 บาทต่อตัว) จึงส่งผลให้แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรเมื่อหักเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร 1,860.38 และ 1,751.47 บาทต่อตัว สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (1,707.16 และ 1,670.58 บาทต่อตัว) ในทำนองเดียวกัน กำไรเมื่อหักต้นทุนทั้งหมด พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรเมื่อหักต้นทุนทั้งหมด 447.13 และ 406.51 บาทต่อตัว สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีกำไรเมื่อหักต้นทุนทั้งหมด เท่ากับ 360.89 และ 264.04 บาทต่อตัว ดังนั้นจึงสามารถใช้สายหางกระรอกได้ถึงระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้นสำหรับแพะ

Thesis Title	The Use of Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) in Diet of Post Weaning Male Goat
Author	Miss Sukanya Poolthajit
Major Program	Animal Science
Academic Year	2015

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use of Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) in diet of post weaning male goat. Two experiments were conducted. Experiment 1: *In vitro* enzymatic technique (Cellulase test) was used to determine digestible organic matter (DOM) and metabolizable energy (ME) of feed sources. The investigation was carried out with corn meal (CM), soybean meal (SBM), palm kernel cake (PKC), Hydrilla (HY) and concentrate containing 0, 10, 20 and 30% HY. Results showed that the DOM of feed sources ranged from the highest to the lowest; SBM, CM, HY and PKC (91.68, 88.61, 70.12 and 42.41%, respectively) ME of feed sources was similar to DOM (13.85 and 13.53 MJ/kg DM for SBM and CM, respectively), except for PKC which was lower in ME than HY (6.65 and 11.17 MJ/kg DM). The DOM and ME of concentrate containing 0, 10, 20 and 30% HY was similar ($P>0.05$) which ranged from 77.05-78.12% and 11.49-11.93 MJ/kg DM.

Experiment 2: Effect of HY levels in concentrate on feed intake, digestibility and growth performance of weaning male goat were studied. Sixteen Thai Native x Anglo-Nubian 50% male goats with average body weight (BW) of 11.37±2.04 kg, were arranged in a randomized complete block design for 90 days study. The goats were fed fresh plicatulum grass (*Paspalum plicatulum*) ad libitum and were supplemented with concentrate containing 0, 10, 20 and 30% HY at 2% of BW as a dry matter (DM) basis. The results showed that DMI, OMI, CPI, NDFI and ADFI were not affected by the level of HY in concentrate. Digestion coefficient of DM and TDN of goat fed concentrate containing 30% HY (50.93 and 54.69%) was, however lower ($P<0.05$) than goat fed concentrate containing 20% HY (57.86 and 60.10%). Furthermore, digestible OM intake and ME intake of goat fed concentrate containing 30% HY (237.91 g/h/d and 1.91 Mcal/kg) was lower ($P<0.05$) than goat fed 10% HY (288.14 g/h/d and 2.11 Mcal/kg). There were no significant differences ($P>0.05$) among treatments regarding weight gain (5.65, 6.32, 5.82 and 4.37 kg, respectively)

and average daily gain (62.77, 7030, 64.72 and 48.60 g/d, respectively). However, goat receiving concentrate containing 30% HY had the worst feed conversion ratio when compared to that of goat receiving concentrate containing 10 and 20% HY (10.10, 7.62 and 7.70, respectively).

Goat fed concentrate containing 10 and 20% HY had lower feed cost per 1 kg of BW gain (49.09 and 49.89 Baht/head) than those of 0% and 30% HY (55.75 and 59.21 Baht/head). The goats fed concentrate containing 10 and 20% HY had higher income after subtracting by feed cost (1,860.38 and 1,751.47 Bath/head) than those of 0% and 30% HY (1,707.16 and 1,670.58 Baht/head). In addition, the income after subtracting by total cost of goat fed concentrate containing 10 and 20% HY (447.13 and 406.51 Baht/head) was higher than those of 0 and 30% HY (360.89 and 264.04 Baht/head). Therefore, the optimal HY level in concentrate for male goat should be 20% which has no adverse effects on nutrient digestibility and growth performance.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในระหว่างการดำเนินงานทดลอง และการเขียนวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ ผศ. ดร. สุรศักดิ์ คชภักดี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ดร. เทียนทิพย์ ไกรพรม คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้การสนับสนุนสัตว์ทดลอง และสถานที่ทำวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนเงินวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งให้กำลังใจในระหว่างการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ที่คอยเอาใจใส่ดูแล เป็นกำลังใจเสมอมา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระหว่างการศึกษา ความดีแห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทั้งหลายที่ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สุกัญญา พูลทจิตร

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(10)
รายการตาราง	(12)
รายการตารางภาคผนวก	(14)
รายการภาพประกอบ	(22)
รายการภาพประกอบภาคผนวก	(23)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(24)
บทที่ 1	
บทนำ	1
บทต้นนำเรื่อง	1
วัตถุประสงค์	2
บทที่ 2	
การตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3	
การทดลองที่ 1	17
บทนำ	17
วัตถุประสงค์	17
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	17
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	22
สรุป	29
บทที่ 4	
การทดลองที่ 2	30
บทนำ	30
วัตถุประสงค์	30
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	31
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	36
สรุป	53
บทที่ 5	
สรุปและข้อเสนอแนะ	55

สรุป……..... 55
ข้อเสนอแนะ……..... 57
เอกสารอ้างอิง……..... 58
ภาคผนวก……..... 67
ก ภาพประกอบสายหางกระรอก……..... 68
ข ภาพประกอบการทดลอง……..... 69
ค ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ……..... 73
ง การคำนวณต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน..... 100
ประวัติผู้เขียน……..... 109

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง).....	19
2	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก…….....	25
3	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ……..	26
4	เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายกระรอก โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน).....	27
5	เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส	29
6	สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)	33
7	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคททูลั่มสายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ…….	38
8	ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคลทูลั่มสดและอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ…….....	39
9	ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ…….....	41
10	ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ…….....	42
11	ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ.....	44
12	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ…….....	47

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ.....	49
14	อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ	50
15	ต้นทุนและกำไรในการเลี้ยงแพะด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ…….....	53

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส..... 73

2 เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส..... 73

3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส..... 74

4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 74

5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 75

6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 75

7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 76

8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 76

9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 77

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ……..... 77

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ……..... 78

12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ…..... 78

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ…..... 79

14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ……..... 79

15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ……..... 80

16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 80

17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 81

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ……..... 81

19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ…..... 82

20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 82

21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 83

22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 83

23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้า พลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 84

24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 84

25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 85

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 85

27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 86

28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 86

29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 87

30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 87

31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 88

32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 88

33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 89

34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 89

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 90

36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 90

37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 91

38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 91

39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก เป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 92

40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 92

41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 93

42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณของโภชนะรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 93

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	94
44	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	94
45	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	95
46	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	95
47	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	96
48	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรีต่อวัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	96
49	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	97
50	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	97
51	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเพิ่ม (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ.....	98

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 98

53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ..... 99

54 การคำนวณต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 100

55 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 101

56 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 101

57 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 102

58 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 103

59 การคำนวณต้นทุนค่าสัตว์ทดลอง (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 103

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

60 การคำนวณค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 105

61 การคำนวณต้นทุนในการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก เป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 106

62 การคำนวณต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 106

63 การคำนวณราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์..... 107

64 การคำนวณกำไรเมื่อคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 108

65 การคำนวณกำไรเมื่อคิดต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 108

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของสายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) สภาพสดและสภาพแห้ง	4

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การตากแห้งสายหางกระรอก	68
2	สายหางกระรอกสภาพแห้ง	68
3	สายหางกระรอกผ่านการบดละเอียด	68
4	การเก็บสายหางกระรอกใส่ถุงหลังตากแห้ง	68
ภาพภาคผนวก ข		
5	เอนไซม์เพปซิน	69
6	เอนไซม์เซลลูเลส	69
7	ครูซิเบิลแก้ว	69
8	ครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่างวัตถุดิบ	69
9	การย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส	70
10	การย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน	70
11	การบ่มครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่าง	70
12	ครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่างแช่ในอ่างน้ำ (water bath) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	70
13	การชั่งน้ำหนักแพะทดลอง	71
14	กรงขังเดี่ยวรวมทั้งอุปกรณ์	71
15	เครื่องสับหญ้า	71
16	แปลงหญ้าทดลอง	71
17	อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง	72
18	แพะทดลองในกรงขังเดี่ยว	72
19	การล้วงมูลแพะทางทวาร	72

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF	=	acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)
ADG	=	average daily gain (อัตราการเจริญเติบโต)
AIA	=	acid insoluble ash (เถ้าที่ไม่ละลายในกรด)
BW	=	body weight (น้ำหนักตัว)
$BW^{0.75}$	=	metabolic body weight (น้ำหนักเมแทบอลิก)
CF	=	crude fiber (เยื่อใยรวม)
CP	=	crude protein (โปรตีนรวม)
CV	=	coefficient of variation (สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน)
DCF	=	digestible crude fiber (เยื่อใยรวมที่ย่อยได้)
DCP	=	digestible crude protein (โปรตีนรวมที่ย่อยได้)
DEE	=	digestible ether extract (ไขมันรวมที่ย่อยได้)
DM	=	dry matter (วัตถุแห้ง)
DNFE	=	digestible nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้)
EE	=	ether extract (ไขมันรวม)
FCR	=	feed conversion ratio (อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว)
L	=	linear (แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์แบบเส้นตรง)
NDF	=	neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)
NFE	=	nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)
NSC	=	non structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)
OM	=	organic matter (อินทรียวัตถุ)
Q	=	quadratic (แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์แบบโค้งกำลังสอง)
SEM	=	standard error of the means (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)
TDN	=	total digestible nutrient (โภชนะรวมที่ย่อยได้)

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

ในบรรดาสัตว์เคี้ยวเอื้องแพะจัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากในภาคใต้ เนื่องจากการเลี้ยงลงทุนน้อย ราคาดี ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรเลี้ยงแพะโดยการปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ ทำให้แพะโตช้า อ่อนแอต่อโรคและพยาธิ และมีอัตราการตายสูง (สมเกียรติ และคณะ, 2554) โดยเฉพาะการเลี้ยงดูลูกแพะหลังหย่านมเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการเลี้ยงแพะ เพราะมีการเปลี่ยนอาหารจากน้ำนมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาเป็นอาหารหยาบ ซึ่งหากเป็นอาหารหยาบคุณภาพต่ำ คือ มีโปรตีนต่ำ และเยื่อใยสูง จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแพะระยะนี้มาก (Devendra and Burns, 1983) นอกจากนั้นการหย่านมทำให้แพะมีความเครียด มีผลทำให้แพะอ่อนแอต่อโรคและพยาธิ โดยเฉพาะโรคปอดบวม ในระยะนี้จึงควรมีการเสริมอาหารข้นเพื่อเพิ่มโภชนะทั้งโปรตีน พลังงาน แร่ธาตุ และวิตามิน ให้แก่ลูกแพะ

สายหางกระรอก หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า สาหร่ายหางกระรอก เป็นพืชน้ำหรือมาโครไฟท์ (macrophyte) ที่พบในเขตร้อนของทวีปเอเชียและในประเทศสหรัฐอเมริกา จัดเป็นพืชที่มีลักษณะการเจริญที่จำเพาะ ทั้งลักษณะทางกายภาพและความสามารถในการปรับตัวให้เจริญอยู่ใต้น้ำได้เป็นอย่างดี มีการเพิ่มจำนวนและมีการกระจายตัวเป็นบริเวณกว้าง (Langeland, 1996) และพบตามแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทยโดยเฉพาะทางภาคใต้บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีพืชน้ำหลายชนิดที่เรียกคำนำหน้าว่า สาหร่าย เช่น สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด เป็นต้น ซึ่งอาจจะสับสนกับสาหร่ายที่เป็นพืชชั้นต่ำได้ จึงควรเรียกว่า สายหางกระรอก สายพุงชะโด (เสาวภา, 2555) พืชน้ำจำพวกนี้ส่วนใหญ่พบแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนบน แทบไม่พบเลยในทะเลสาบตอนล่าง เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ชอบน้ำความเค็มต่ำ และน้ำจืด พืชน้ำเหล่านี้มีมากเกินไปในแหล่งน้ำจะก่อให้เกิดผลเสียในหลายๆด้าน เช่น เป็นสาเหตุของการตื้นเขิน ปิดกั้นการไหลหมุนเวียนของน้ำ เกิดความไม่สะดวกในการสัญจรทางน้ำ เกิดปัญหาทางการประมง ลดความแรงของกระแสน้ำ และแย่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ เป็นต้น จึงได้มีความพยายามที่จะใช้ประโยชน์ หรือจัดการพืชน้ำเหล่านี้เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้น

การนำสายหางกระรอกมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์เศรษฐกิจ เช่น กุ้ง ปลา (วุฒิพร และคณะ, 2528) สุกร (ประวิทย์, 2554) เป็นต้น เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดปริมาณของสายหางกระรอกในแหล่งน้ำ นอกจากนี้สุภาพร (2540) รายงานว่า ในบางประเทศใช้สายหางกระรอกแห้งเลี้ยงแกะ โค และกระบือ ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของสายหางกระรอกแห้ง ประกอบด้วย โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 11.98-13.86, 0.59-2.70, 18.05-18.42, 12.16-14.70 และ 39.12-50.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วุฒิพร, 2528; สุภาพร, 2540; ประวิทย์, 2554) นอกจากนี้สายหางกระรอกยังมีกรดแอมิโน กรดไขมัน โพลีแซคคาไรด์ คลอโรฟิลล์ แร่ธาตุรวม วิตามินบีรวม และแซนโทฟิลล์สูง (Muztar *et al*., 1976; Gillespie, 2005) จึงอาจมีส่วนช่วยในการกระตุ้นการทำงานของเซลล์และช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการนำสายหางกระรอกที่พบได้โดยทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ มาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารแพะหลังหย่านม อาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตแพะดีขึ้น และยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส (Pepsin-cellulase *in vitro* digestibility)

2. เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% หลังหย่านมที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของสายหางกระรอก

สายหางกระรอกเป็นพืชน้ำที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hydrilla verticillata* (L.f.) มีชื่อสามัญว่า Hydrilla จัดอยู่ในวงศ์ *Hydrocharitaceae* พืชในสกุลนี้เป็นพืชใต้น้ำ มีลักษณะทั่วไป คือ ลำต้นมีลักษณะเป็นสายเรียวยาว ตามความลึกของระดับน้ำ หรือทอดไปตามแนวขนานใต้ผิวน้ำ อาจมีความยาวถึง 3 เมตร แตกกิ่งก้านมาก มีรากยึดติดใต้น้ำไว้ ใบเป็นแผ่นบางเรียวยาวขนาดเล็ก ไม่มีก้าน ขอบใบเป็นซี่เล็กๆ ใบแตกรอบข้อของลำต้นเป็นชั้น จำนวน 3-8 ใบ ความกว้างของใบประมาณ 2 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 10-15 มิลลิเมตร ใบมีสีเขียวแก่ รูปร่างของใบแบบ linear lanceolate หรือ elliptic (ภาพที่ 1) ตัวเมียแยกเพศ ดอกตัวเมียมี spathe หุ้มตรงโคนก้าน peduncle ซึ่งส่งดอกมาเจริญที่ผิวน้ำ ดอกประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 3 กลีบ สีขาว เกสรตัวเมียมีรังไข่ที่มี carpel เพียง 1 ช่อง ยอดเกสร (stigma) มี 3 อัน ผลขนาดเล็กรูปทรงกระบอก ภายในมีเมล็ด 2-6 เมล็ด ดอกตัวผู้มี spathe สั้นๆหุ้มเช่นกัน ดอกมีขนาดเล็กมีก้านดอกสั้นมาก เมื่อดอกแก่จะหลุดออกจาก spathe ลอยขึ้นไปบนผิวน้ำ ส่วนของดอกประกอบด้วย กลีบเลี้ยง และกลีบดอกจะกางกระดกกลับลงล่าง ปล่อยให้เกสรตัวผู้ชูเหนือน้ำ เกสรตัวผู้ประกอบด้วยอับเรณู (anther) จำนวน 4 ช่อง การผสมเกสรเป็นแบบ air pollinated (สุชาดา, 2540) การขยายพันธุ์สายหางกระรอกทำได้ง่าย โดยใช้ส่วนของเมล็ดและลำต้น นำเมล็ดไปเพาะในดินเหนียวหรือเพียงแต่หักส่วนลำต้นแล้วนำไปแยกปลูกโดยปักลงไปในดินเหนียว ในภาชนะที่มีน้ำท่วมถึงเพียงไม่นานนักลำต้นส่วนนี้ก็จะแตกรากออกมาและเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้สายหางกระรอกอาจมีการสืบพันธุ์แบบ vegetative reproduction โดยสร้างหัวแบบที่เรียกว่า tuber or turions ซึ่งปกคลุมด้วยใบเกล็ดเล็กๆ (scale leaves) สามารถฝังตัวอยู่ในดินโคลนได้เป็นเวลานานๆ และสามารถงอกใหม่ได้เมื่อมีน้ำท่วมถึง (สุภาพร, 2540)

ภาพที่ 1. ลักษณะทั่วไปของสายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) สดและสภาพแห้ง
ที่มา: Spencer และ Anderson (1986)

สายหางกระรอกพบตามแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย โดยเฉพาะทางภาคใต้บริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนกลางและตอนบน ซึ่งมีพืชน้ำ เช่น สายหางกระรอก สายพุงชะโด ดีปลีน้ำ และผักตบชวา เป็นต้น ขึ้นได้ดีอยู่อย่างหนาแน่นในช่วงที่น้ำมีความเค็มต่ำ (เสาวภา, 2555) แต่หากมีมากเกินไปในแหล่งน้ำจะก่อให้เกิดปัญหาหลายประการ (วุฒิพร และคณะ, 2528) เช่น ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน เกิดความไม่สะดวกในการสัญจรทางน้ำ และก่อให้เกิดปัญหาทางการประมง เป็นต้น สายหางกระรอกพบมากในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยเฉพาะช่วงที่มีน้ำจืดไหลลงทะเลสาบมาก (สถาบันการวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2546) นอกจากนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของสายหางกระรอกปัจจัยหนึ่ง คือ ปริมาณธาตุอาหารในตะกอนดิน ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยไนโตรเจนที่มีอยู่ในตะกอนดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยอดสายหางกระรอก ซึ่งขณะที่รากของสายหางกระรอกดึงเอาไนโตรเจนมาใช้ ก็จะมีการปล่อยโพแทสเซียมลงสู่ตะกอนดิน (Barko *et al*., 1988) นอกจากปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในตะกอนดินที่มีผลต่อการเจริญของสายหางกระรอกแล้ว ช่วงแสงก็มีผลต่อการเจริญของสายหางกระรอกด้วยเช่นกัน โดยสายหางกระรอกสามารถงอกต้นใหม่ มีการเจริญของราก ยอด และสามารถสร้างหัวใหม่ได้ในช่วงแสง 10 ชั่วโมง แต่ถ้าช่วงแสงมากกว่า 10 ชั่วโมง อัตราการเจริญเหล่านั้นก็จะลดลง และพบว่าไม่มีการเจริญในช่วงแสงมากกว่า 14 ชั่วโมง (Spencer and Anderson, 1986)

ส่วนประกอบทางเคมีของสายหางกระรอก

Yee (1969) รายงานว่า สายหางกระรอกตากแห้งมี ความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เท่ากับ 7.68, 17.50, 1.89, 17.64, 15.18 และ 40.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Anjana และ Matai (1990) และ Mohammad และคณะ (2004) ที่รายงานว่า สายหางกระรอกแห้งมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจน-ฟรีเอกซ์แทรก อยู่ในช่วง 16-16.6, 3.5-3.7, 18.2-20.4, 15.1-27 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่วุฒิพร และคณะ (2528) รายงานว่า สายหางกระรอกตากแห้งมีวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เท่ากับ 95.37, 13.86, 0.59, 18.42, 12.16 และ 50.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่า สายหางกระรอกประกอบด้วย โปรตีนรวม ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 13.61, 53.42, 43.65, 15.93, 1.12 และ 0.31 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของประวิทย์ (2554) ที่พบว่า สายหางกระรอกมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก แคลเซียม และฟอสฟอรัส เท่ากับ 13.45, 2.70, 18.05, 14.70, 39.12, 1.12 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ พลังงานรวม และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 1545.25 และ 1323.69 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ประวิทย์ (2554) รายงานเพิ่มเติมว่า สายหางกระรอกมีองค์ประกอบของกรดแอมิโน ไลซีน ธรีโอนีน ไอโซลูซีน อาร์จีนีน ลูซีน ฮิสติดีน และวาลีน เท่ากับ 0.57, 0.50, 0.47, 0.64, 0.90, 0.23 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สายหางกระรอกยังมีแร่ธาตุรวมและแซนโทฟิลล์สูง (Muztar *et al*., 1976) โดย Anjana และ Matai (1990) รายงานว่า สายหางกระรอกมี แคลเซียม ฟอสฟอรัส โซเดียม และโพแทสเซียม 1.35, 0.28, 0.75 และ 2.56 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ในขณะที่ Lizama และคณะ (1988) รายงานว่า สายหางกระรอกแห้งมีส่วนประกอบของ แคลเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม 11.7, 0.24, 0.57, 0.63 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ Easley และ Shirley (1974) กล่าวว่า ระดับแคลเซียมในสายหางกระรอกมีอยู่ประมาณ 9-17 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่า สายหางกระรอกมีส่วนประกอบทางเคมีที่สามารถใช้เป็นแหล่งโภชนะในอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบทางเคมีของสายหางกระรอกมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม และภูมิอากาศ เป็นต้น

การใช้สายหางกระรอกในการเลี้ยงสัตว์

สายหางกระรอกเป็นพืชน้ำที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งและปลา (วุฒิพร และคณะ, 2528) ไก่กระทง (Lizama *et al*., 1988) และสุกร (พันทิพา, 2547; ประวิทย์, 2554) โดย Lizama และคณะ (1988) ได้ศึกษาผลการใช้ประโยชน์ได้ของ *Elodea canadensis* หรืออีโลเดีย ซึ่งเป็นพืชน้ำของประเทศสหรัฐอเมริกา และสายหางกระรอก ในอาหารไก่กระทง อายุ 2 วัน จำนวน 192 ตัว เลี้ยงด้วยอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหารควบคุม (สูตรที่ 1) สูตรอาหารควบคุมร่วมกับอีโลเดีย 5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) สูตรอาหารควบคุมร่วมกับอีโลเดีย 10 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) สูตรอาหารควบคุมร่วมกับสายหางกระรอก 5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่า ปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุมร่วมกับอีโลเดีย 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2 และ 3) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเทียบกับไก่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม (สูตรที่ 1) ในขณะที่ไก่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุมร่วมกับสายหางกระรอก 5 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) มีปริมาณอาหารที่กิน น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวันต่ำกว่าสูตรอาหารควบคุม (สูตรที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่าไก่ที่ได้รับสูตรอาหารควบคุม (สูตรที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

McDowell และคณะ (1988) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของพืชน้ำ 2 ชนิด คือ *Elodea canadensis* หรือสาหร่ายอีโลเดีย และ *Hydrilla verticillata* หรือสายหางกระรอก (ร่วมกับเสริม pithophora และไม่เสริม pithophora) ในอาหารไก่ไข่ สายพันธุ์ Hyline จำนวน 320 ตัว อายุ 10 เดือน ระยะเวลา 56 วัน เลี้ยงด้วยอาหาร 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 เป็นอาหารควบคุม สูตรที่ 2 อาหารควบคุมร่วมกับอีโลเดีย 7.5 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 อาหารควบคุมร่วมกับสายหางกระรอก 7.5 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 4 อาหารควบคุมร่วมกับสายหางกระรอกและสาหร่ายสีเขียว 7.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 56 วัน พบว่า การผลิตไข่ ประสิทธิภาพการใช้อาหาร น้ำหนักไข่ และความตึงของไข่ขาว ของกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยพืชน้ำ (สูตรที่ 2, 3 และ 4) ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

สำหรับการศึกษาการใช้สายหางกระรอกในอาหารสุกร พันทิพา (2547) กล่าวว่า ในการทดลองใช้สายหางกระรอกแห้งผสมลงในอาหารข้นของสุกรขุน (น้ำหนักระหว่าง 60-100 กิโลกรัม) โดยใช้ในระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสุกรที่กินอาหารเปรียบเทียบกับสุกรที่กินอาหารผสมสายหางกระรอกทุกระดับ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สุกรที่กินอาหารผสมสายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 720 กรัมต่อวัน ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มอื่น อย่างไรก็ตาม ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อของสุกรทุกกลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก น้ำหนักขาหลัง ความหนาของไขมันสันหลัง

และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ของสุกรทุกกลุ่มทั้งที่กินอาหารเปรียบเทียบและอาหารผสมสายหางกระรอกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นการใช้สายหางกระรอกแห้งในระดับ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมลงในอาหารสุกร จึงเป็นระดับที่เหมาะสม ที่ทำให้สุกรมีสมรรถภาพการผลิตที่ดี

ประวิทย์ (2554) ศึกษาผลของอัตราส่วนของเนื้อในเมล็ดยางพาราและสายหางกระรอกต่อสมรรถภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในสุกร โดยใช้สุกรเพศผู้ตอน (ดูร็อค x แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) น้ำหนักเฉลี่ย 19.20±0.28 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว เลี้ยงด้วยอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหารร่วมกับสายหางกระรอกที่ระดับ 0 (สูตรควบคุม), 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก การย่อยได้ของพลังงาน ค่าชีวภาพ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นสุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีสายหางกระรอก 10-20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าพลังงานย่อยได้ลดลงต่ำกว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ ประวิทย์ (2554) ได้ศึกษาผลของอัตราส่วนของเนื้อในเมล็ดยางพารา และสายหางกระรอกต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร โดยใช้สุกรลูกผสม (ดูร็อค x แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) จำนวน 32 ตัว (เพศผู้ตอน 16 ตัว และเพศเมีย 16 ตัว) น้ำหนักเฉลี่ย 21.69±0.46 กิโลกรัม จัดทรีทเมนต์แบบ 2x4 แฟกตอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ เพศ (เพศผู้ตอนและเพศเมีย) ปัจจัยที่ 2 คือ สูตรอาหาร 4 สูตร คือ อาหารที่ใช้เนื้อในเมล็ดยางพาราในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหารร่วมกับสายหางกระรอกที่ระดับ 0, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (สูตร 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ) พบว่า ในช่วงน้ำหนัก 20-60 กิโลกรัม สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 มีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดน้อยกว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่แตกต่างกับสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 2 และสูตร 3 (P>0.05) คือ 93.98, 104.39, 96.56 และ 101.65 กิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับสุกรในช่วงน้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกับสูตร 2 และสูตร 4 (P>0.05) แต่แตกต่างกับสูตร 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ 2.70, 2.74, 2.84 และ 2.89 ตามลำดับ และสำหรับสุกรในช่วงน้ำหนัก 20-90 กิโลกรัม พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 และสูตร 2 มีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดแตกต่างกับสูตร 3 และ สูตร 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ 174.85, 177.46, 189.28 และ 188.53 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ พบว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 และสูตร 2 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 1 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารแตกต่างกับสูตร 3 และสูตร 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) คือ 2.55, 2.75 และ 2.74 ตามลำดับ นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างเพศกับสูตรอาหารในสุกรทุกระยะน้ำหนัก แต่มีแนวโน้มว่า สุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 2 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุด ในช่วงสุกรน้ำหนัก 60-90 และ 20-90 กิโลกรัม สุกรเพศเมียที่เลี้ยงด้วย

อาหารสูตร 1 มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีที่สุดในช่วงสุกรน้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม และสุกรเพศผู้ตอนที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร 2 มีต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่ม 1 กิโลกรัม ถูกที่สุดในช่วงสุกรน้ำหนัก 20-90 กิโลกรัม จากการทดลองสรุปได้ว่า สามารถใช้เนื้อในเมล็ดยางพารา 20 เปอร์เซ็นต์ในอาหารร่วมกับสายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารสุกรขุน

การเจริญเติบโตของลูกแพะหลังหย่านม

ปัจจุบันอาชีพการเลี้ยงแพะในประเทศไทยกำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเนื้อแพะเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ทำให้การเลี้ยงแพะมีแนวโน้มขยายการเลี้ยงมากขึ้นทุกปี (วินัย, 2542) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงแพะให้เจริญเติบโตได้ดี ถึงระยะผสมพันธุ์ครั้งแรกได้เร็วนั้น ผู้เลี้ยงต้องมีการวางแผนการจัดการที่ดี วางแผนผสมพันธุ์ให้ลูกแพะคลอดในช่วงที่สภาพแวดล้อมเหมาะสม ให้แม่แพะได้รับอาหารเพียงพอในช่วงอุ้มท้อง เมื่อลูกแพะคลอดแล้วควรได้รับน้ำนมเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ในขณะเดียวกันต้องเตรียมลูกแพะให้พร้อมสำหรับการเปลี่ยนจากน้ำนม ซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงมาเป็นอาหารหยาบ เนื่องจากอาจทำให้ลูกแพะหลังหย่านมเกิดความเครียด ซึ่งผลกระทบของความเครียดมีความรุนแรงต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น น้ำหนักลูกแพะตอนหย่านม อาหาร สภาพแวดล้อม และการจัดการที่ลูกแพะได้รับ ผลกระทบที่สำคัญ 2 ประการที่เกิดจากการหย่านม คือ ประการแรก อัตราการเจริญเติบโตลดลง ลูกแพะในช่วงก่อนหย่านมมีอัตราการเจริญเติบโตสูง แต่หลังหย่านมอัตราการเจริญเติบโตลดลง (สมเกียรติ และคณะ, 2554)

ผลกระทบที่เกิดจากการหย่านมประการที่สอง คือ ผลกระทบต่อสุขภาพลูกแพะ การปรับสภาพของระบบทางเดินอาหารของลูกแพะ เนื่องจากการเปลี่ยนอาหารอย่างกะทันหันอาจทำให้จุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารเจริญเติบโตผิดปกติ มีผลทำให้ลูกแพะท้องเสียได้ และถ้าเป็นเรื้อรังจะทำให้ลูกแพะอ่อนแอ ความต้านทานต่อโรคต่ำ ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งเกี่ยวกับสุขภาพของลูกแพะหลังหย่านมที่เลี้ยงในแปลงหญ้าคือ พยาธิภายใน โดยเฉพาะลูกแพะที่แทะเล็มในแปลงหญ้าที่มีไข่และตัวอ่อนพยาธิอยู่มาก ลูกแพะที่ได้รับไข่หรือตัวอ่อนเข้าไปมากหลังหย่านมอาจตาย หรือแคระแกร็นไปตลอดชีวิต ถ้าไม่มีการควบคุมพยาธิอย่างเหมาะสม (สุรศักดิ์ และคณะ, 2536) ดังนั้นการจัดการเลี้ยงดูลูกแพะหลังหย่านมจึงเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ การให้อาหารข้นเสริมเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้แพะหลังหย่านมได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนและพลังงาน ซึ่งเมื่อให้ร่วมกับอาหารหยาบทำให้แพะมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีกว่าการได้รับอาหารหยาบเพียงอย่างเดียว

สุมน และประเสริฐ (2537) ได้ทดลองเลี้ยงแพะในคอก ด้วยหญ้าขนสดและอาหารข้นเต็มที่ โดยใช้แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 62.50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้อายุประมาณ 4 เดือน แบ่งแพะออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ให้ข้าวโพดบด กลุ่มที่ 2 ให้มันเส้น 50 เปอร์เซ็นต์ และรำอ่อน 50 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 3 ให้มันเส้น 65 เปอร์เซ็นต์ รำอ่อน 15 เปอร์เซ็นต์ และใบกระถิน 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาในการทดลอง 98 วัน ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเจริญเติบโตของแพะทั้ง 3 กลุ่ม เฉลี่ยเท่ากับ 56.80, 45.92 และ 44.10 กรัมต่อวัน ตามลำดับ โดยแพะกินหญ้าขนสดและอาหารข้นรวมกันเท่ากับ 4.41, 4.15 และ 4.10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 11.27, 13.29 และ 12.97 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าแพะกลุ่มที่ให้ข้าวโพดบดกินอาหารได้มากกว่า รวมทั้งมีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มอื่นๆ

Kochapakdee และคณะ (1994) ได้ศึกษาอิทธิพลของการให้อาหารข้นที่มีต่อการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 75 เปอร์เซ็นต์ ลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 25 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียหลังหย่านมที่แทะเล็มในแปลงหญ้าผสมถั่ว โดยแพะได้รับอาหารข้นที่แตกต่างกัน 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียว กลุ่มที่ 2 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้า และเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกลุ่มที่ 3 ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้า และเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นเวลานาน 120 วัน พบว่า การเจริญเติบโตของแพะพื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 75, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่การเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ส่งผลให้แพะมีอัตราการเจริญเติบโต 33 กรัมต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะที่ไม่ได้รับการเสริมอาหารข้นหรือเสริมอาหารข้นที่ระดับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 13 และ 18 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การที่แพะได้รับอาหารข้นเสริมที่ระดับ 0.75 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าแพะที่ไม่ได้รับการเสริมอาหารข้นหรือเสริมอาหารข้นระดับต่ำ อาจเนื่องมาจากแพะได้รับโปรตีน และพลังงานจากอาหารข้นมากเพียงพอที่แพะจะแสดงศักยภาพในการเจริญเติบโตออกมา ส่วนสาเหตุที่อัตราการเจริญเติบโตของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากแพะพื้นเมืองไทย อาจเนื่องมาจากโภชนะที่ได้รับไม่เพียงพอต่อความต้องการของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Pralomkarn และคณะ (1995) รายงานว่า แพะเพศผู้หลังหย่านมที่ได้รับอาหารข้นเสริมแบบเต็มที่ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด (100 กรัมต่อวัน) รองลงมาคือแพะที่ได้รับอาหารข้นเสริม 1.4 และ 1.2 เท่าของการดำรงชีพ (76 และ 67 กรัมต่อวัน) ส่วนแพะที่ได้รับอาหารข้นเสริมในระดับดำรงชีพมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด (13 กรัมต่อวัน) ทั้งนี้แพะที่ได้รับอาหารข้นเสริมเต็มที่ใช้อาหารข้น 5.2 กิโลกรัม ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ใกล้เคียงกับแพะ

ที่ได้รับอาหารข้นในระดับ 1.4 และ 1.2 เท่าของการดำรงชีพ ซึ่งใช้อาหารข้น 5.2 และ 5.4 กิโลกรัม ในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหารข้นเสริมในระดับดำรงชีพ ต้องใช้อาหารข้นถึง 15.5 กิโลกรัมในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ซึ่งแสดงว่าการเสริมอาหารข้น และระดับอาหารข้นที่เสริมมีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะหลังหย่านม โดยการเสริมอาหารข้นในระดับที่สูงกว่าระดับดำรงชีพ ทำให้การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากแพะได้รับโภชนะเพิ่มขึ้น

เสาวนิต และคณะ (2543) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตหลังหย่านมของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้แพะอายุ 6-7 เดือน ให้ได้รับหญ้าแห้งวันละ 50 กรัม และเสริมอาหารข้นเต็มที่ โดยอาหารมีโปรตีนแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ 2,700 และ 2,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า ระดับโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพะ โดยแพะที่เสริมอาหารข้นที่ระดับโปรตีนรวม 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 37.9, 35.1 และ 44.7 กรัมต่อตัวต่อวัน ($P>0.05$) และแพะที่เสริมอาหารข้นที่มีระดับพลังงาน 2,700 และ 2,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโต 39 และ 39.5 กรัมต่อตัวต่อวัน ($P>0.05$) แต่เพศมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแพะเพศผู้มีอัตราการเจริญเติบโต 47.3 กรัมต่อตัวต่อวัน ในขณะที่เพศเมียมีอัตราการเจริญเติบโต 31.2 กรัมต่อตัวต่อวัน ผลการศึกษาดังกล่าวแพะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าแพะในการศึกษาของ Pralomkarn และคณะ (1995) ที่พบว่า แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 69 กรัมต่อวัน สาเหตุของความแตกต่างอาจเป็นผลมาจากปริมาณอาหารที่แพะได้รับ โดยจากการศึกษาของ Pralomkarn และคณะ (1995) แพะกินอาหารได้ 632 กรัมต่อวัน ขณะที่การศึกษาของเสาวนิต และคณะ (2543) แพะกินอาหารได้ 443 กรัมต่อวัน การที่แพะกินอาหารได้น้อยลงทำให้ได้รับพลังงาน และโปรตีนที่นำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตน้อยลงด้วย นอกจากนี้ในการศึกษาของ เสาวนิต และคณะ (2543) อาหารข้นมีระดับโปรตีนรวม 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการศึกษาของ Pralomkarn และคณะ (1995) ที่ใช้อาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์

ซารีนา (2546) ศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมืองไทย และแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียหลังหย่านม (อายุประมาณ 3-4 เดือน) ที่ได้รับอาหารแตกต่างกัน 3 แบบ คือ (1) ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้าพลิแคททูลั่มอย่างเดียว (2) ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้า และเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 14 เปอร์เซ็นต์ และ (3) ปล่อยแทะเล็มในแปลงหญ้า และเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารข้นทั้ง 2 สูตร มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกันคือ 2,691 และ 2,665 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

ตามลำดับ พบว่า ตลอดระยะเวลา 24 สัปดาห์ของการทดลอง แพะที่แทะเล็มในแปลงหญ้าเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 71.4 และ 74.2 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่สูงกว่าแพะที่แทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียว ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 50.2 กรัมต่อตัวต่อวัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ การตอบสนองต่อระดับโปรตีนรวมในอาหารข้นของแพะพื้นเมืองไทย และแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยแพะพื้นเมืองไทยที่แทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโต 47.3 กรัมต่อตัวต่อวัน แต่เมื่อเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ แพะพื้นเมืองไทยมีอัตราการเจริญเติบโต 64.1 และ 71.8 กรัมต่อตัวต่อวัน ในทำนองเดียวกัน แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียวมีอัตราการเจริญเติบโต 53.1 กรัมต่อตัวต่อวัน แต่เมื่อเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 78.7 และ 77.5 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเสริมอาหารข้นทำให้แพะมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น แต่ระดับโปรตีนในอาหารข้นที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพะ

การประเมินการย่อยได้ของอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การประเมินการย่อยได้ เป็นวิธีการที่สำคัญอันหนึ่งในการที่จะทำให้ทราบคุณค่าทางอาหารสัตว์นอกเหนือไปจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น และเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การทราบค่าของอินทรียวัตถุและพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การหาการย่อยได้อาจทำได้หลายวิธี เช่น การหาการย่อยได้โดยตรงจากตัวสัตว์ (*In vivo*) และการหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น การหาการย่อยได้ในหลอดทดลอง (*In vitro*) ซึ่งเป็นการเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหารของสัตว์ ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้องการหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการทำได้หลายวิธี และค่อนข้างนิยม เนื่องจากช่วยประหยัดเวลา แรงงาน และค่าใช้จ่ายได้ดีกว่าการทดลองกับตัวสัตว์ เพราะสามารถทำพร้อมๆกัน ได้ทีละหลายตัวอย่างในเวลาอันรวดเร็ว ค่าที่ได้แม้ว่าจะไม่ตรงกับวิธีที่ทดลองกับตัวสัตว์จริง แต่พอจะบอกคุณภาพอาหารได้ วิธีเหล่านี้เหมาะสำหรับการจัดลำดับอาหาร (ranking) หรือการคัดเลือกอาหาร (screening test) ให้เหลือน้อยชนิดก่อนที่จะทำการทดลองกับตัวสัตว์ต่อไป (บุญล้อม, 2541) วิธีหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ เช่น วิธีการ 2 ขั้นตอน (two-stages *in vitro* method) ของ Tilley และ Terry (1963) วิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส (pepsin-cellulase method) วิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (gas production method) และการหาการย่อยได้โดยใช้ถุงแช่ในรูเมน (nylon bag) เป็นต้น

การประเมินค่าการย่อยได้ในตัวสัตว์

อาณัติ (2549) กล่าวว่า การศึกษาการย่อยได้โดยการทดลองในสัตว์โดยตรง มีวิธีที่นิยมใช้กันอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method หรือ conventional method) และวิธีการใช้สารชี้บ่ง (indicator method) ทั้งสองวิธีเป็นการศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์ เริ่มจากการคัดเลือกสัตว์ทดลองที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน เช่น มีอายุใกล้เคียงกัน หรือมีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกัน และเป็นสัตว์ที่มีสุขภาพดี เชื่อง และไม่ตื่นตกใจง่าย ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์พร้อมถ่ายพยาธิ และทำความสะอาดก่อนนำขึ้นกรงทดลอง (metabolic cage) ที่สามารถแยกเก็บมูล และปัสสาวะออกจากกันได้ พร้อมบันทึกข้อมูลปริมาณการกินอาหารได้อย่างอิสระ จำนวนสัตว์ที่ใช้ทดลองควรใช้ประมาณ 4 ตัว เป็นอย่างน้อย แผนการทดลองที่ใช้ เช่น แผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (latin square design) อาหารที่ใช้ทดลองควรเป็นอาหารที่เตรียมไว้อย่างเพียงพอ และในการผสมอาหารต้องผสมให้ทั่วกัน การให้อาหารควรให้เวลาเดียวกันทุกวัน ปริมาณอาหารที่ให้ควรมีปริมาณเท่าๆกัน อาหารที่ให้กินควรให้อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนทำการเก็บข้อมูลจริง ระยะเวลาดังกล่าวเรียกว่า ระยะก่อนการทดลอง (preexperimental period) การให้สัตว์กินอาหารในช่วงก่อนการทดลองเพื่อให้สัตว์ทดลองได้คุ้นเคยกับสภาพทดลอง และให้ระบบทางเดินอาหารไม่มีอาหารเก่าค้างอยู่ หลังจากนั้นเป็นระยะทดลองจริง (experimental period) ซึ่งเป็นระยะที่ต้องเก็บข้อมูลปริมาณอาหารที่กิน ปริมาณมูล และปัสสาวะที่สัตว์ขับออกมาทุกวัน พร้อมทั้งมีการสุ่มตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางเคมี

สำหรับวิธีการใช้สารชี้บ่ง (indicator method) เป็นวิธีการที่คล้ายคลึงกับวิธีการแรก แต่สัตว์ทดลองไม่จำเป็นต้องถูกเลี้ยงในกรงทดลองหรือคอกเสมอไป สามารถที่จะปล่อยเลี้ยงในแปลงหญ้าได้ หรือถ้าเลี้ยงในคอกทดลองก็ไม่จำเป็นที่จะต้องเก็บตัวอย่างอาหารหรือมูลทั้งหมด โดยสามารถเก็บตัวอย่างมาเฉพาะบางส่วน ก็สามารถที่จะนำมาวิเคราะห์และประเมินค่าการย่อย โดยใช้สารประกอบที่จะใช้เป็นตัวบ่งชี้ (indicator และ marker) ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

1. สารที่มีอยู่ในอาหารนั้นตามธรรมชาติ (natural indicator หรือ internal indicator) เช่น ลิกนิน สารสีในพืช (plant chromogen) เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ซิลิกา) และ indigestible acid detergent fiber เป็นต้น

2. สารที่เติมลงไป (external indicator) ที่นิยมมาก ได้แก่ โครมิกออกไซด์ (chromic oxide, Cr_2O_3) เพราะเป็นสารที่ไม่ละลายและไม่ถูกย่อย และ โครเมียม (Cr) ไม่ค่อยมีอยู่ในอาหาร

การประเมินการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ

การประเมินการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการหรือเรียกว่า *In vitro* digestibility จะจัดทำสิ่งแวดล้อมเลียนแบบคล้ายกับในทางเดินอาหารของสัตว์ โดยการดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ออกมาแล้วใส่สารที่เป็นบัฟเฟอร์ทำให้จุลินทรีย์มีชีวิตอยู่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง และใช้ของเหลวนี้ทดสอบการย่อยได้ของอาหารชนิดต่างๆ ภายในห้องปฏิบัติการ (เสาวนิต, 2537; เทอดชัย, 2548) การประเมินการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการ 2 ขั้นตอน วิธีใช้เอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส และวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ซึ่งแต่ละวิธีมีขั้นตอนโดยสังเขป ดังนี้

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน วิธีนี้พัฒนาโดย Tilley and Terry (1963) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ทำโดยหมักตัวอย่างอาหารร่วมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน สารละลายแร่ธาตุและบัฟเฟอร์ เพื่อรักษาสภาพ pH ใกล้เคียงกับกระเพาะรูเมนจริง (6.7-6.9) โดยบ่มตัวอย่างอาหาร (incubate) ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) และขั้นตอนที่ 2 ทำการฆ่าแบคทีเรียโดยใช้กรดเกลือแล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์เพปซิน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ส่วนที่ไม่ย่อยจะถูกกรองล้างและอบให้แห้ง เพื่อคำนวณหาค่าวัตถุแห้ง จากนั้นจึงนำไปเผาเพื่อหาปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยนำข้อมูลที่ได้ไปหักออกจากส่วนที่มีในอาหารตั้งแต่เริ่มต้น จะทราบค่าวัตถุแห้งที่ย่อยได้ (digestible dry matter, DDM) และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะทั้งสองต่อไป (dry matter digestibility, DMD และ organic matter digestibility, OMD)

2. วิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (gas production method) วิธีนี้พัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันโดย Menke และคณะ (1979) อาศัยหลักการที่ว่า การหมักอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าจะทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยได้ของอาหารนั้น ดังนั้นปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะสามารถนำมาทำนายค่าการย่อยได้และปริมาณพลังงานในอาหารได้ วิธีการทำโดยบ่มตัวอย่างอาหารกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ได้ผสมกับสารละลายบัฟเฟอร์และแร่ธาตุ (rumen fluid-buffer media) และได้ปรับให้มีสภาพต่างๆ เหมาะสมแล้ว คือ ไร้ออกซิเจนและอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ใส่ตัวอย่างอาหารประมาณ 0.2 กรัมวัตถุแห้ง และ rumen fluid buffer media จำนวน 30 มิลลิลิตร ลงในหลอดไซริงค์ (syringe) ชนิดพิเศษ ซึ่งมีลักษณะคล้ายเข็มฉีดยาขนาดใหญ่ ปลายหลอดต่อกับท่อยางสั้นๆ มีคลิป (clip) สำหรับปิดเปิด เพื่อให้ของเหลวและอากาศผ่านเข้าออกได้ แช่หลอดตัวอย่างในอ่างน้ำหรือตู้อบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 และ 24 ชั่วโมง โดยสอดหลอดไว้ในแป้นหมุนเพื่อช่วยเขย่าตัวอย่างและของเหลวในหลอดให้เข้ากัน

เมื่อครบระยะเวลาที่กำหนด อ่านปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น และไปคำนวณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility, OMD) และพลังงานเมแทบอไลซ์ (ME, MJ/kg DM)

3. วิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส การหาการย่อยได้ของอาหารสัตว์ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส เป็นการใช้เอนไซม์เพปซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์สังเคราะห์ที่สกัดจากตับอ่อนของสุกรหรือโค ส่วนเอนไซม์เซลลูเลสสกัดจากจุลินทรีย์ (บุญล้อม, 2541) โดยมีหลักการ คือโปรตีนในอาหารจะถูกหมักย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน และแป้งจะถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เอนไซม์เซลลูเลสเข้าย่อยผนังเซลล์ในอาหารได้ดีขึ้น กากที่เหลือถือเป็นส่วนที่ย่อยไม่ได้ จะถูกกรองเพื่อหาค่าวัตถุแห้ง แล้วเผาเพื่อหาเถ้า และคำนวณหาอินทรียวัตถุ อินทรียวัตถุในส่วนที่ได้นี้เมื่อหักออกจากส่วนที่มีในอาหารเมื่อตอนเริ่มต้นจะทราบค่าอินทรียวัตถุที่ละลายได้โดยเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase organic matter solubility, COMS) ซึ่ง De Boever และคณะ (1986) ได้ประเมินการย่อยได้ของตัวอย่างอาหาร 40 ตัวอย่าง ประกอบด้วยอาหารผสม สำหรับโคนมจำนวน 33 ตัวอย่าง อาหารข้นที่มีพลังงานต่ำจำนวน 5 ตัวอย่าง และข้าวโพดจำนวน 2 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีเอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส พบว่า ค่าการสลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลสของตัวอย่างทั้งหมด มีสหสัมพันธ์กับค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในตัวสัตว์ (*in vivo* digestible organic matter, DOM) และสูงกว่าค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ประเมินโดยวิธีการ 2 ขั้นตอน ของ Tilley and Terry (1963) (*in vitro* digestible organic matter, IVOMD) ทั้งนี้ De Boever และคณะ (1986) ได้ใช้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร พลังงานรวม ค่าการละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส และค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุโดยวิธี *in vitro* เพื่อสร้างสมการทำนาย ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (digestible organic matter, DOM) ในตัวสัตว์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิ (net energy, NE) ของอาหาร อย่างไรก็ตาม วิธีการหาการย่อยได้โดยใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส เหมาะกับอาหารผสม พืชหมักและพืชอาหารสัตว์คุณภาพดี แต่ไม่เหมาะกับอาหารหยาบ หรือพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำ เช่น หญ้าแห้ง และฟางข้าว เป็นต้น (De Boever *et al*., 1988) อาจเนื่องจากในพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำนั้น มักจะมีปริมาณเยื่อใยสูง การย่อยส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมน ซึ่งกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนนี้เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ร่วมกันย่อยสลายเยื่อใยทั้งทางด้านกายภาพ และโดยเอนไซม์หลายชนิด ในขณะที่การย่อยได้โดยวิธีเอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส เป็นเพียงการย่อยโดยใช้เอนไซม์บริสุทธิ์ที่สกัดจากการสังเคราะห์ของจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว (Orpin, 1984)

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า วิธีการหาการย่อยได้ของอาหารสัตว์โดยใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส มีข้อดีในแง่ที่ทำได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องมีโคหรือแพะที่ผ่าตัดฝังท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) ไว้แล้ว อีกทั้งการเตรียมสารละลายไม่ยุ่งยากมาก อย่างไร

ก็ตาม พบว่าเดิมมีปัญหา คือ ค่าการย่อยได้ของโภชนะที่ได้จากวิธีนี้มักต่ำกว่าวิธีที่ใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมน หรือวิธีทดลองกับตัวสัตว์ อีกทั้งเอนไซม์มักมีราคาแพง แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาประสิทธิภาพของเอนไซม์ทำให้ได้ผลดี เป็นที่นิยมในประเทศทางซีกโลกตะวันตกเนื่องจากประเทศดังกล่าวมักมีปัญหาการคุ้มครองสัตว์ ทำให้ไม่สามารถผ่าตัดสัตว์เพื่อติดท่ออาหารถาวรไว้ที่กระเพาะรูเมนได้ตามความต้องการ

ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของโภชนะและการย่อยได้ของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ประเมินโดยวิธีการใช้เอนไซม์

โดยทั่วไปวัตถุดิบอาหารสัตว์และอาหารหยาบมีความผันแปรของคุณภาพเป็นอย่างมาก (อาณัติ, 2549) และยังขาดข้อมูลคุณค่าทางโภชนะที่สัตว์สามารถใช้ประโยชน์ได้ เช่น ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้มีความจำเป็นในการประกอบสูตรอาหารสัตว์ หรือการพิจารณาว่าสัตว์ได้รับโภชนะเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย เพื่อการให้ผลผลิตหรือไม่ (แพรวพรรณ และคณะ, 2548) การศึกษาคุณค่าทางโภชนะวิธีที่ดีที่สุดได้ผลที่มีความถูกต้อง คือวิธีการใช้สัตว์ทดลอง รวมทั้งวิธีใช้ถุงไนล่อน แต่เป็นวิธีที่ต้องใช้แรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายมาก ในขณะที่วิธีการศึกษาในห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้มีการปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้นจัดเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด เช่น วิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลสและเทคนิคผลผลิตแก๊ส เป็นต้น

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของโภชนะและการย่อยได้ของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ประเมินโดยวิธีการใช้เอนไซม์ Seven และ Cerci (2006) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของโภชนะและการย่อยได้ของอาหารที่ประเมินโดยวิธีการใช้เอนไซม์และวิธีใช้ถุงไนล่อน โดยใช้ตัวอย่างอาหารข้น 35 ตัวอย่าง ประกอบด้วยเมล็ดธัญพืช ได้แก่ ข้าวโอ๊ต (5) ข้าวบาร์เลย์ (5) ข้าวสาลี (5) ข้าวโพด (5) วัตถุดิบแหล่งโปรตีน ประกอบด้วย กากถั่วเหลือง (5) กากเมล็ดฝ้าย (5) กากเมล็ดทานตะวัน (5) และตัวอย่างหญ้าแห้ง 10 ตัวอย่าง คือ หญ้าอัลฟัลฟ่า (5) และหญ้าแห้ง (5) รวมตัวอย่างทั้งหมด 45 ตัวอย่าง พบว่า วิธีการใช้เอนไซม์มีสหสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและอินทรียวัตถุย่อยได้ของหญ้าและแหล่งโปรตีนที่ $r = -0.99$ ($P<0.01$) และ $r = 0.87$ ($P<0.05$) ตามลำดับ สหสัมพันธ์ของระดับเยื่อใยและอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของหญ้าและแหล่งโปรตีนที่ $r = 0.999$ ($P<0.01$) และ $r = -0.925$ ($P<0.01$) ตามลำดับ ส่วนวิธีการใช้ถุงไนล่อน พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนและอินทรียวัตถุย่อยได้ของหญ้า และแหล่งโปรตีนที่ $r = 0.990$ ($P<0.01$) และ $r = 0.978$ ($P<0.01$) ตามลำดับ Seven และ Cerci (2006) พบว่า สหสัมพันธ์ระหว่างค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์ วัตถุดิบแหล่งโปรตีน และธัญพืช มีสหสัมพันธ์ของค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้

โดยวิธีการใช้เอนไซม์ และวิธีการใช้ถุงไนล่อนที่ r = -0.990 (P<0.01), r = 0.710 (P<0.01) และ r = 0.710 (P<0.01) ตามลำดับ

Chumpawadee และคณะ (2005) ศึกษาการประเมินค่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUDP) ในวัตถุดิบอาหารข้น 17 ชนิด ด้วยวิธีใช้ถุงไนล่อนและหาความสัมพันธ์กับวิธีการใช้เอนไซม์ โดยจัดกลุ่มวัตถุดิบอาหารข้นออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 วัตถุดิบแหล่งพลังงาน ได้แก่ ข้าวโพด มันเส้น ปลายข้าว และรำข้าว กลุ่มที่ 2 วัตถุดิบแหล่งโปรตีน ได้แก่ กากปาล์มอัดน้ำมัน กากปาล์มสกัดน้ำมัน กากนุ่น กากถั่วเหลือง ใบกระถินป่น กากมะพร้าวอัดน้ำมัน กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากถั่วลิสง กากถั่วเขียว กากเบียร์ กากเมล็ดฝ้าย และปลาป่น กลุ่มที่ 3 วัตถุดิบที่มีโปรตีนหยาบสูงกว่า 15% ได้แก่ กากปาล์มสกัดน้ำมัน กากนุ่น กากถั่วเหลือง กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากถั่วลิสง กากถั่วเขียว กากเบียร์กากเมล็ดฝ้าย และปลาป่น กลุ่มที่ 4 วัตถุดิบที่มีโปรตีนหยาบสูงกว่า 20% ได้แก่ กากนุ่น กากถั่วเหลือง กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากถั่วลิสง กากเมล็ดฝ้าย และปลาป่น กลุ่มที่ 5 วัตถุดิบที่มีโปรตีนหยาบต่ำกว่า 20% ได้แก่ กากปาล์มอัดน้ำมัน กากปาล์มสกัดน้ำมัน ใบกระถินป่น กากมะพร้าวสกัดน้ำมัน กากถั่วเขียว และกากเบียร์ และกลุ่มที่ 6 วัตถุดิบทั้งหมด (ไม่จัดกลุ่ม) พบว่า โปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ที่ประเมินโดยใช้ถุงไนล่อน มีความแปรปรวนสูง ตั้งแต่ 25.83% ในกากเมล็ดฝ้าย ถึง 68.50% ในกากปาล์มสกัดน้ำมันและกากเบียร์ และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนที่ประเมินโดยวิธีการใช้เอนไซม์มีค่าตั้งแต่ 23.56% ในกากเมล็ดนุ่น ถึง 78.03% ในปลายข้าว และเมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมนที่ประเมินโดยวิธีใช้ถุงไนล่อนและวิธีใช้เอนไซม์ พบว่า ค่าโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ที่ประเมินด้วยวิธีใช้ถุงไนล่อนของวัตถุดิบที่มีโปรตีนสูงกว่า 15% มีสหสัมพันธ์สูงกับค่าที่ประเมินโดยวิธีใช้เอนไซม์ (R^2 = 0.79, P<0.0002) ในขณะที่สหสัมพันธ์ของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน ที่ประเมินโดยวิธีถุงไนล่อนของวัตถุดิบอาหารทั้งหมด (ไม่จัดกลุ่ม) กับค่าที่ประเมินโดยวิธีใช้เอนไซม์ มีสหสัมพันธ์ต่ำมาก (R^2 = 0.16, P<0.1) ดังนั้น เทคนิคการใช้เอนไซม์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถใช้ประเมินปริมาณโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก แทนการประเมินโดยการใช้เทคนิคถุงไนล่อน อย่างไรก็ตาม ควรใช้เทคนิคนี้กับวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีโปรตีนสูงกว่า 15%

บทที่ 3

การทดลองที่ 1

การประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส

บทนำ

การประเมินการย่อยได้ เป็นวิธีการสำคัญที่จะทำให้ทราบคุณค่าทางอาหารสัตว์นอกเหนือไปจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้น และเป็นหนทางหนึ่งที่จะนำไปสู่การทราบค่าของอินทรียวัตถุและพลังงานที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การประเมินการย่อยได้ของอาหารสัตว์ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส เป็นการเลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยใช้เอนไซม์เพปซิน ซึ่งเป็นเอนไซม์สังเคราะห์ที่สกัดจากตับอ่อนของสุกรหรือโค และเอนไซม์เซลลูเลสซึ่งสกัดจากจุลินทรีย์ มีข้อดีในแง่ที่ทำได้สะดวก ไม่จำเป็นต้องมีโคหรือแพะที่ผ่าตัดฝังท่ออาหารถาวรที่กระเพาะรูเมน (rumen fistulated animal) อีกทั้งการเตรียมสารละลายไม่ยุ่งยากมาก (บุญล้อม, 2541) ดังนั้นการใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลสประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอกที่พบทั่วไปตามแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินศักยภาพของการนำสายหางกระรอกมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ สายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากถั่วเหลือง และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ สายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน กากถั่วเหลือง อาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

1.2 เครื่องบดตัวอย่าง ที่มีรูตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

1.3 ตู้อบ (hot air oven)

1.4 อ่างน้ำ (water bath)

1.5 เครื่องดูดสูญญากาศ (vaccum pump)

1.6 ตู้บ่มเชื้อ (incubator)

1.7 เครื่องชั่ง

1.8 กระบอกตวง ปิเปต ขวดวัดปริมาตร แท่งแก้ว บีกเกอร์ ช้อนตักสาร

1.9 หลอดทดลอง

1.10 ถุงพลาสติก

1.11 เตาเผา (furnance)

1.12 เครื่องวัด pH

2. สารเคมี

2.1 เอนไซม์เพปซิน (Merck no. 7190, 2000 FIP-U/g)

2.2 เอนไซม์เซลลูเลส (Onozuka R-10, SERVA No. 16419 from *Trichoderma viride*, 1.1-1.3 U/mg)

2.3 กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid)

2.4 กรดอะซิติก (CH_3COOH, 96%)

2.5 โซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa \times 3H_2O$)

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมอาหารทดลอง

วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

1.1 สายหางกระรอก เก็บรวบรวมสายหางกระรอกจากตำบลคูขุด อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เมษายน 2557 โดยตัดเฉพาะส่วนที่ลอยอยู่ในน้ำซึ่งไม่สัมผัสกับพื้นดิน แบ่งสายหางกระรอกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 นำมาชั่งน้ำหนัก และอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และคำนวณเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งในสภาพสด ส่วนที่ 2 นำไปตากแดดประมาณ 3-4 วัน โดยวางตากแดดบนตาข่ายพลาสติกจนแห้งสนิท เก็บในถุงพลาสติกสีดำ ในการเตรียมสายหางกระรอกแห้ง

เมื่อนำสายหางกระรอกที่อยู่ในสภาพสดมาตากแดด 3-4 วัน จนแห้งสนิท จากสายหางกระรอกสภาพสด 100 กิโลกรัม ได้น้ำหนักสายหางกระรอกแห้ง 10 กิโลกรัม สุ่มเก็บตัวอย่างสายหางกระรอกแห้งตามวิธีการที่แนะนำโดย เสาวนิต (2533) เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และประเมินการย่อยได้

1.2 ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน ซื้อจากร้านขายวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สุ่มเก็บตัวอย่างวัตถุดิบแต่ละชนิด ตามวิธีการที่แนะนำโดย เสาวนิต (2533) เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และประเมินการย่อยได้

1.3 อาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารทั้ง 4 สูตร มีระดับโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 77 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารทั้ง 4 สูตร ตามวิธีการที่แนะนำโดย เสาวนิต (2533) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และประเมินการย่อยได้

ตารางที่ 1 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ข้าวโพดบด	55.00	49.00	45.00	41.05
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	26.48	22.15	15.00	9.00
กากถั่วเหลือง	16.00	15.00	14.75	13.25
สายหางกระรอก	-	10.00	20.00	30.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50	0.50	0.50	0.50
เปลือกหอย	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำมันพืช	0.02	1.35	2.75	4.20
เกลือ	1.00	1.00	1.00	1.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ				
โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)[1]	16.01	16.00	16.00	16.17
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)[2]	77.38	77.11	77.05	77.03

[1] คำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[2] คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547)

2. วิธีการทดลอง

ทำการประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส ตามวิธีการของ De Boever และคณะ (1986) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การเตรียมสารละลาย

2.1.1 เตรียมสารละลายเพปซิน-ไฮโดรคลอริก (Pepsin-hydrochloric acid solution) โดยการละลายเพปซิน (Merck no. 7190, 2000 FIP-U/g) ปริมาณ 2 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 1 ลิตร

2.1.2 เตรียมเซลลูเลสบัฟเฟอร์ (เตรียมก่อนใช้) โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1.2.1 เจือจางกรดอะซิติก (CH_3COOH, 96%) ปริมาตร 5.9 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร (สารละลาย A)

2.1.2.2 ละลายโซเดียมอะซิเตท ($CH_3COONa \times 3H_2O$) ปริมาณ 13.6 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (สารละลาย B)

2.1.2.3 ผสมสารละลาย A ปริมาตร 400 มิลลิลิตร กับสารละลาย B ปริมาตร 600 มิลลิลิตร และปรับระดับ pH ที่ 4.8 โดยการหยดสารละลาย B ในกรณีที่ต้องการเพิ่มระดับ pH หรือหยดสารละลาย A ในกรณีที่ต้องการลดระดับ pH ของสารละลาย

2.1.2.4 ละลายเซลลูเลส (Onozuka R-10, SERVA No. 16419 from *Trichoderma viride*, 1.1-1.3 U/mg) ปริมาณ 3.3 กรัม ลงในสารละลายในข้อ 2.1.2.3

2.1.3 ชั่งตัวอย่างสายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 0.3 กรัม ใส่ครูซิเบิลแก้ว (glass filter crucible) ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร มีรูพรุนขนาด 1 เกจ (gaugs) มีฝาเกลียวปิดทั้งด้านบนและด้านล่าง

2.1.4 อุ่นสารละลายเพปซิน-ไฮโดรคลอริกที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้วปิเปตสารละลายเพปซิน-ไฮโดรคลอริก ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ในครูซิเบิลแก้ว

2.1.5 ทำการบ่มครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่าง และสารละลายเพปซิน-ไฮโดรคลอริกในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยหลังจากเข้าบ่มครบ 5 ชั่วโมง ทำการเขย่าครูซิเบิลแก้วแล้วบ่มต่อจนครบ 24 ชั่วโมง

2.1.6 นำครูซิเบิลแก้วแช่ในอ่างน้ำ (water bath) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที

2.1.7 หลังจากนั้นทำการดูดของเหลวออก โดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ (vaccum pump) นำกากที่เหลือล้างด้วยน้ำอุ่น

2.1.8 เติมเซลลูเลสบัฟเฟอร์ ที่อุ่นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ลงในครูซิเบิลแก้วในข้อ 2.1.7 แล้วนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยหลังจากเข้าบ่มครบ 5 ชั่วโมง ทำการเขย่าครูซิเบิลแก้ว แล้วบ่มต่อจนครบ 24 ชั่วโมง

2.1.9 เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ดูดของเหลวออกโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ล้างกากที่เหลือด้วยน้ำอุ่น แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนักครูซิเบิลแก้ว

2.1.10 นำครูซิเบิลแก้วเข้าเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง แล้วนำเข้าโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

2.2 คำนวณเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุ โดยเอนไซม์เซลลูเลส (Cellulase organic matter solubility, COMS) โดยใช้สูตร

$$\text{COMS (\%)} = \frac{Wo - Wt}{Wo} \times 100$$

COMS = อินทรียวัตถุที่ละลายโดยเอนไซม์เซลลูเลส

Wo = ปริมาณอินทรียวัตถุในสูตรอาหาร

Wt = ปริมาณอินทรียวัตถุที่เหลือจากการย่อยโดยเอนไซม์เซลลูเลส

2.3 ประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter, DOM) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ของตัวอย่างวัตถุดิบอาหาร และอาหารข้นตามสมการของ De Boever และคณะ (1986) ดังนี้

$$\text{DOM (\%)} = 0.973 \times \text{COMS} - 2.49 \quad (R^2 = 0.93)$$

$$\text{ME (MJ/kg DM)} = 0.150 \times \text{COMS} + 0.214 \times \text{EE} - 0.99 \quad (R^2 = 0.96)$$

โดย COMS = อินทรียวัตถุที่ละลายโดยเอนไซม์เซลลูเลส (%)

EE = ไขมันรวมของอาหาร (%)

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสายหางกระรอก กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และอาหารข้นที่ประกอบด้วยสายหางกระรอก ได้แก่ ความชื้น อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนิน โดยวิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1975)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) ส่วนข้อมูลเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของสายหางกระรอก กากถั่วเหลือง ข้าวโพดบด และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน แสดงในรูปค่าเฉลี่ย

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของ ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน สายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก แสดงในตารางที่ 2 พบว่า ข้าวโพดบดมีวัตถุแห้ง 97.27 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส เท่ากับ 98.10, 8.36, 2.16, 1.90, 3.08, 81.77, 66.81, 20.77, 6.02, 1.29, 14.75 และ 4.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Chanjula และคณะ (2003) และ Chumpawadee และคณะ (2005) และสุมาลี (2551) รายงานว่า ข้าวโพดบดประกอบด้วยวัตถุแห้ง 88.3–92.2 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 94.5-98.5 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 7.8-8.5 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 10.4-16.78 เปอร์เซ็นต์ และลิกโนเซลลูโลส 3.6-4.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่า ข้าวโพดบดมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 11.30, 3.97, 2.07, 3.66, 79.38, 22.08 และ 8.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง พบว่า ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 97.90 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส เท่ากับ 92.75, 48.52, 1.43, 7.25, 4.55, 36.15, 29.95, 12.85, 12.56, 1.74, 0.29 และ 10.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานว่า กากถั่วเหลืองมี โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เท่ากับ 48.40, 1.70, 8.10, 5.74 และ 35.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรายงานของ วิยะดา (2556)

ที่พบว่า กากถั่วเหลืองมี อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง เท่ากับ 93.13, 49.72, 1.03, 6.87, 6.50, 35.89 และ 28.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้สุมาลี (2551) รายงานว่า กากถั่วเหลืองประกอบด้วย อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม เถ้า เท่ากับ 92.92, 49.01 และ 7.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม กากถั่วเหลืองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (36.15 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่า รายงานของสุมาลี (2551) (26.36 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ (12.85 เปอร์เซ็นต์) ต่ำกว่ารายงานของวิยะดา (2556) (13.63 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งกากถั่วเหลืองจัดเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชที่มีคุณภาพดี เนื่องจาก ประกอบด้วยกรดแอมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) โดยเฉพาะกรดแอมิโนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ จึงนิยมใช้เป็นแหล่งโปรตีนเสริมในอาหารสัตว์ (พันทิพา, 2538)

องค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน พบว่า มีวัตถุแห้ง 98.07 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้ง ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส เท่ากับ 94.46, 17.08, 6.12, 4.54, 12.70, 57.63, 4.65, 67.61, 42.95, 9.28, 24.66 และ 33.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของกรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มีวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก ลิกโนเซลลูโลส และผนังเซลล์ เท่ากับ 91.29, 17.26, 4.28, 9.75, 7.01, 62.36, 41.76 และ 72.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรายงานของ สุมาลี (2551) ที่พบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีวัตถุแห้ง 91.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เท่ากับ 95.92, 17.14, 8.24, 4.08, 13.57, 48.26, 72.99, 45.30, 14.09, 31.21 และ 27.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่อัจฉรา (2558) รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมี โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า เท่ากับ 14.80, 8.50, 23.30 และ 6.10 เปอร์เซ็นต์ บนฐานวัตถุแห้งตามลำดับ และ Chanjula และคณะ (2010) รายงานว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส เท่ากับ 96.10, 14.20, 9.40, 3.63, 68.87, 52.68, 14.73, 16.19 และ 37.95 เปอร์เซ็นต์ บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของปาล์มน้ำมัน และกรรมวิธีในการสกัดน้ำมันปาล์ม (นิวัติ, 2531) โดยกรรมวิธีในการสกัดน้ำมันปาล์มมี 2 วิธี คือ การหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด (screw press) และการใช้สารเคมีสกัดน้ำมัน โดยกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบน้ำมันด้วยเกลียวอัด จะมีน้ำมันเหลืออยู่ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ (จินดา, 2548) ซึ่งกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้มีไขมันรวม 6.12 เปอร์เซ็นต์ จึงเป็นกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันที่ได้จากการหีบ

น้ำมันด้วยเกลียวอัด จากองค์ประกอบทางเคมีของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน จะเห็นได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่มีเยื่อใยสูง และมีโปรตีนปานกลาง สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานและโปรตีนในอาหารข้นของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของสายหางกระรอกที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารข้น พบว่า มีวัตถุแห้ง 97.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 72.26 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 16.45 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.03 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 27.75 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 39.33 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 0.81 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 12.74 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 53.96 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 42.45 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 5.19 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 11.51 เปอร์เซ็นต์ และ เซลลูโลส 37.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวมและเถ้าของสายหางกระรอกในการศึกษาครั้งนี้ สูงกว่ารายงานของ วุฒิพรและคณะ (2528) ที่พบว่าสายหางกระรอกแห้ง ประกอบด้วยโปรตีนรวมและเถ้า เท่ากับ 13.86 และ 18.42 เปอร์เซ็นต์ และรายงานของ ประวิทย์ (2554) ที่พบว่า สายหางกระรอกแห้งประกอบด้วยโปรตีนและเถ้า เท่ากับ 13.45 และ 18.05 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากสายหางกระรอก ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นสายหางกระรอกที่เก็บจากบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนกลาง ซึ่งเสาวภา (2555) รายงานว่าพืชน้ำ เช่น สายหางกระรอก และสายพุงชะโด ที่พบบริเวณนี้เป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์จำพวกกุ้งเต้น (amphipod) จึงอาจมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม และเถ้าของสายหางกระรอกสูงขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบทางเคมีของสายหางกระรอกที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับ Anjana และ Matai (1990) และ Mohammad และคณะ (2004) รายงานว่า สายหางกระรอกแห้งมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก อยู่ในช่วง 16-16.6, 3.5-3.7, 18.2-20.4, 15.1-27 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ของสายหางกระรอกในการศึกษาครั้งนี้ (53.96 และ 42.45 เปอร์เซ็นต์) มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของกรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานว่า สายหางกระรอกมีผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 53.42 และ 43.65 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก

องค์ประกอบทางเคมี	ข้าวโพดบด	กากถั่วเหลือง	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	สายหางกระรอก
วัตถุแห้ง	97.27	97.90	98.07	97.30
อินทรียวัตถุ	98.10	92.75	94.46	72.26
โปรตีนรวม	8.36	48.52	17.08	16.45
ไขมันรวม	2.16	1.43	6.12	1.03
เถ้า	1.90	7.25	4.54	27.75
เยื่อใยรวม	3.08	4.55	12.70	12.74
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[1/]	81.77	36.15	57.63	39.33
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[2/]	66.81	29.95	4.65	0.81
ผนังเซลล์	20.77	12.85	67.61	53.96
ลิกโนเซลลูโลส	6.02	12.56	42.95	42.45
ลิกนิน	1.29	1.74	9.28	5.19
เฮมิเซลลูโลส[3/]	14.75	0.29	24.66	11.51
เซลลูโลส[4/]	4.73	10.82	33.67	37.26

[1/]ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = %วัตถุแห้ง-(%โปรตีนรวม+%เยื่อใยรวม+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[2/]คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100-(%โปรตีนรวม+%ผนังเซลล์+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[3/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[4/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 96.58-97.37 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 87.93-94.04 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 16.24-16.73 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.66-6.21 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.96-12.07 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 4.98-6.42 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 55.75-68.04 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 18.32-27.53 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 45.89-49.50 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 16.26-19.45 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 3.18-4.00 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 27.30-33.24 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 12.31-15.45 เปอร์เซ็นต์ และ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด 0.72-1.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ระดับโปรตีนรวมในอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบ

ในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน คือ 16.73, 16.24, 16.41 และ 16.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม ระดับไขมันรวม เถ้า และเยื่อใยรวมในอาหารข้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระดับของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และระดับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้างลดลง เมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสายหางกระรอกมีส่วนประกอบของเถ้าและเยื่อใยสูง (27.75 และ 12.74 เปอร์เซ็นต์) การเพิ่มระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหาร จึงมีผลทำให้ระดับของเถ้า และเยื่อใยสูงขึ้น นอกจากนี้การเสริมน้ำมันพืชในระดับที่สูงขึ้นในสูตรอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบ (ตารางที่ 1) มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)			
	0	10	20	30
วัตถุแห้ง	97.37	97.04	96.58	96.94
อินทรียวัตถุ	94.04	92.12	90.33	87.93
โปรตีนรวม	16.73	16.24	16.41	16.65
ไขมันรวม	1.66	2.46	4.29	6.21
เถ้า	5.96	7.88	9.67	12.07
เยื่อใยรวม	4.98	5.41	6.42	6.26
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[1/]	68.04	65.05	59.79	55.75
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[2/]	26.15	27.53	23.43	18.32
ผนังเซลล์	49.50	45.89	46.20	46.75
ลิกโนเซลลูโลส	16.26	16.91	16.31	19.45
ลิกนิน	3.95	3.18	3.96	4.00
เฮมิเซลลูโลส[3/]	33.24	28.98	29.89	27.30
เซลลูโลส[4/]	12.31	13.73	12.35	15.45

[1/]ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = %วัตถุแห้ง-(%โปรตีนรวม+%เยื่อใยรวม+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[2/]คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100-(%โปรตีนรวม+%ผนังเซลล์+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[3/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[4/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายกระรอกโดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอกโดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส แสดงในตารางที่ 4 พบว่า เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลสของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.62, 96.78, 46.14 และ 75.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.61, 91.68, 42.41 และ 70.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.53, 13.85, 6.65 และ 11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัยที่ศึกษา	ข้าวโพดบด	กากถั่วเหลือง	กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	สายหางกระรอก
COMS, %	93.62±0.87	96.78±0.39	46.14±0.12	75.35±2.35
DOM, %	88.61±0.84	91.68±0.37	42.41±0.13	70.82±2.28
ME (MJ/kg DM)	13.53±0.20	13.85±0.08	6.65±0.85	11.17±0.52

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพดบด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.53 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ McDonald และคณะ (1988) ที่พบว่า พลังงานใช้ประโยชน์ของข้าวโพดบดในโคนม มีค่าเท่ากับ 14.00 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สำหรับพลังงานใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลืองพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.85 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับ Ekern (1982) อ้างโดย Sundstøl (1993) รายงานว่า พลังงานใช้ประโยชน์ของกากถั่วเหลืองในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เท่ากับ 11.0 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สำหรับพลังงานใช้ประโยชน์ของกากเนื้อใน-เมล็ดปาล์มน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ (6.65 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) มีค่าต่ำกว่า รายงานของ Alimon (2004) ที่พบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีพลังงานใช้ประโยชน์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เท่ากับ 10.50-11.50 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในขณะที่ Wan Zahari และคณะ (2012) รายงานว่า พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีค่าเท่ากับ 11.13 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และรายงานของ Pyke (2006) ที่พบว่า กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันมีพลังงานใช้ประโยชน์ในโคนม เท่ากับ 9.30-12.40 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และเมื่อพิจารณาพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของสายหางกระรอกพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของข้าวโพด และกากถั่วเหลือง แสดงให้เห็นว่า สายหางกระรอกสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เช่นเดียวกับข้าวโพดและกากถั่วเหลือง

เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆโดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

จากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 5 พบว่า อาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) เฉลี่ยเท่ากับ 82.07, 81.74, 82.85 และ 82.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้อาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) เฉลี่ยเท่ากับ 77.36, 77.05, 78.12 และ 77.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) เฉลี่ยเท่ากับ 11.49, 11.62, 11.89 และ 11.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆโดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)				SEM[1]
	0	10	20	30	
COMS, %	82.07±0.64	81.74±0.40	82.85±1.34	82.45±2.21	0.28
DOM, %	77.36±0.62	77.05±0.39	78.12±1.31	77.73±2.15	0.27
ME (MJ/kg DM)	11.49±0.01	11.62±0.06	11.89±0.11	11.93±0.33	0.06

[1]SEM: standard error of the means

สรุป

จากการประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในหลอดทดลอง ซึ่งได้แก่ ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก โดยใช้วิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส พบว่า กากถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงสุด รองลงมาคือ ข้าวโพดบด สายหางกระรอก และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91.68, 88.61, 91.68, 70.82 และ 42.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.53, 13.85, 6.65 และ 11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ สำหรับเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ในช่วง 77.05-78.12 เปอร์เซ็นต์ และ 11.49-11.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

บทที่ 4

การทดลองที่ 2

ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม ที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

บทนำ

สายหางกระรอกเป็นพืชน้ำ ที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งและปลา (วุฒิพร และคณะ, 2528) ไก่กระทง (Lizma *et al*., 1988) และสุกร (พันทิพา, 2547; ประวิทย์, 2554) นอกจากนี้ในบางประเทศมีการใช้สายหางกระรอกแห้งเลี้ยงแกะ โค และกระบือ (สุภาพร, 2540) ทั้งนี้จากการประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก โดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส พบว่า สายหางกระรอกมีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 70.82 เปอร์เซ็นต์ และ 11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ อยู่ในช่วง 77.05-78.12 เปอร์เซ็นต์ และ 11.49-11.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ (การทดลองที่ 1) การนำอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการนำอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ มาใช้เลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% หลังหย่านม เพื่อศึกษาถึงระดับที่เหมาะสมของสายหางกระรอกในสูตรอาหารแพะ ที่ส่งผลให้แพะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตสูงสุด และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำลง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะ ของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% หลังหย่านมที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

2. เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% หลังหย่านมที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

3. เพื่อศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการเลี้ยงแพะด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 5-6 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 11.37±2.04 จำนวน 16 ตัว
2. โรงเรือนแพะและคอกเลี้ยงแพะ รางอาหาร และภาชนะใส่น้ำ
3. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ สายหางกระรอก ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน น้ำมันพืช เกลือ และไดแคลเซียมฟอสเฟต
4. ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เม็กติน (ไอเดกติน, IDECTIN®, The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย) และยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (อเบนเทล, ABENTEL®)
5. เครื่องชั่งอาหาร
6. เครื่องสับหญ้า
7. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูล ได้แก่ ถุงพลาสติกใส ยาง ถุงมือ และเครื่องชั่ง เป็นต้น
8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบ ได้แก่ ถุงกระดาษ ถุงพลาสติกใส ถุงมือ และยาง เป็นต้น
9. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (Proximate analysis)
10. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Detergent method
11. ตู้อบ (hot air oven)
12. เครื่องบด (willy mill)
13. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด และแปรงถูพื้น เป็นต้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุประมาณ 5-6 เดือน น้ำหนักตัวเฉลี่ย 11.37±2.04 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนทำการทดลองชั่งน้ำหนักแพะทุกตัว และถ่ายพยาธิด้วยยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เม็กติน (ไอเดกติน, IDECTIN®) เพื่อควบคุมพยาธิตัวกลม และพยาธิภายนอก โดยฉีดเข้าผิวหนังในอัตราส่วน 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักสัตว์ 50 กิโลกรัม และยาถ่ายพยาธิอัลเบนดาโซล (อเบนเทล, ABENTEL®) เพื่อควบคุมพยาธิเส้นด้ายและพยาธิปากขอ โดยผสมยากับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร แล้วกรอกปากแพะในอัตราส่วน 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แพะทุกตัวได้รับหญ้าพลิแคททูลั่ม (*Paspalum plicatulum*) สด โดยให้กินแบบเต็มที่ (ad libitum) ร่วมกับอาหารข้นที่มีโปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นอาหารข้นที่ใช้อยู่ในฟาร์มของศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก โดยให้แพะได้รับอาหารข้นในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อให้แพะทดลองมีสภาพใกล้เคียงกัน

2. อาหารและการเตรียมอาหารทดลอง

2.1 อาหารหยาบ ใช้หญ้าพลิแคททูลั่มสด ที่อายุการตัด 45-60 วัน โดยมีวิธีการจัดการแปลงหญ้าดังนี้ ใช้แปลงหญ้ามีพื้นที่ 6 ไร่ แบ่งออกเป็น 6 แปลง แปลงละ 1 ไร่ ก่อนเริ่มการทดลอง ตัดปรับแปลงหญ้าแปลงที่ 1 โดยการตัดหญ้าสูงจากพื้นดินประมาณ 15 เซนติเมตร หลังจากนั้น 1 สัปดาห์ ทำการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อหญ้างอกใหม่ (regrowth) อายุประมาณ 35-45 วัน จึงตัดให้แพะกิน ส่วนแปลงหญ้าแปลงที่ 2-6 ใช้การจัดการเช่นเดียวกับแปลงที่ 1 สลับหมุนเวียนไปจนสิ้นสุดการทดลอง

2.2 อาหารข้น ใช้อาหารข้นที่มีสายหางกระรอกแห้งเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยอาหารทั้ง 4 สูตร มีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของแพะ ตามคำแนะนำของ NRC (1981) ส่วนประกอบวัตถุดิบและคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร แสดงในตารางที่ 6

3. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยใช้น้ำหนักตัวแพะเป็นบล็อก สุ่มแบ่งแพะทดลองเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว โดยมีทรีทเมนต์ที่ใช้ในการทดลอง 4 ทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 แพะที่ได้รับหญ้าสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 2 แพะที่ได้รับหญ้าสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 3 แพะที่ได้รับหญ้าสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์
ทรีทเมนต์ที่ 4 แพะที่ได้รับหญ้าสด เสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 6 สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์ในสภาพให้สัตว์กิน) และคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง)

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัม)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ข้าวโพดบด	55.00	49.00	45.00	41.05
กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน	26.48	22.15	15.00	9.00
กากถั่วเหลือง	16.00	15.00	14.75	13.25
สายหางกระรอก[1]	-	10.00	20.00	30.00
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50	0.50	0.50	0.50
เปลือกหอย	1.00	1.00	1.00	1.00
น้ำมันพืช	0.02	1.35	2.75	4.20
เกลือ	1.00	1.00	1.00	1.00
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
คุณค่าทางโภชนะ				
โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)[2]	16.01	16.00	16.00	16.17
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)[3]	77.38	77.11	77.05	77.03
ราคา (กิโลกรัม/บาท)[4]	12.96	12.22	11.41	10.54

[1] ราคาสายหางกระรอก คำนวณจาก ค่าจ้างเหมาเก็บสายหางกระรอกสดจำนวน 2,000 กิโลกรัม แบ่งเก็บ 5 ครั้ง ครั้งละ 1,000 บาท เป็นเงิน 5,000 บาท และค่าน้ำมันรถขนส่งสายหางกระรอก ครั้งละ 500 บาท เป็นเงิน 2,500 บาท ดังนั้น ราคาสายหางกระรอก เท่ากับ (5,000+2,500)/2,000 เท่ากับ 3.75 บาทต่อกิโลกรัม

[2] คำนวณจากองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่วิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[3] คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547)

[4] ข้าวโพดบด 12.00 บาท/กิโลกรัม กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน 8.20 บาท/กิโลกรัม กากถั่วเหลือง 23.00 บาท/กิโลกรัม สายหางกระรอก 3.75 บาท/กิโลกรัม ไดแคลเซียมฟอสเฟต 10.00 บาท/กิโลกรัม เปลือกหอย 7.00 บาท/กิโลกรัม น้ำมันพืช 45.00 บาท/กิโลกรัม เกลือ 7.00 บาท/กิโลกรัม

4. วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

4.1 ระยะปรับตัว (adaptation period) ใช้ระยะเวลา 14 วัน เป็นช่วงที่ฝึกให้แพะมีความคุ้นเคยกับสภาพการทดลองและอาหารก่อนเข้าสู่การทดลองจริง ทำการสุ่มแพะทดลองตามแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ โดยแพะแต่ละตัวอยู่ในกรงขังเดี่ยวที่มีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา และได้รับหญ้าสดแบบเต็มที่ เสริมอาหารข้นตามกลุ่มทดลองในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยให้วันละ 2 ครั้ง ในเวลาประมาณ 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้แพะได้รับอาหารข้น ก่อนให้หญ้าสดแบบเต็มที่ จดบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งเช้าและเย็นทุกวันเพื่อนำไปหาปริมาณการกินได้แต่ละวัน ดังนี้

ปริมาณการกินได้ต่อวัน (วัตถุแห้ง) = [อาหารให้ช่วงเช้า(วัตถุแห้ง) - อาหารเหลือช่วงเช้า(วัตถุแห้ง)] + [อาหารให้ช่วงเย็น(วัตถุแห้ง) – อาหารเหลือช่วงเย็น(วัตถุแห้ง)]

4.2 ระยะทดลอง (experimental period) เป็นระยะเก็บข้อมูลใช้ระยะเวลา 90 วัน ให้แพะได้รับอาหารตามกลุ่มทดลองเหมือนระยะปรับตัว การให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ในเวลา 08.00 นาฬิกา และ 16.00 นาฬิกา โดยให้แพะได้รับอาหารข้นก่อนให้หญ้าสด และมีน้ำสะอาดให้แพะกินอย่างเพียงพอตลอดเวลา มีการปรับปริมาณอาหารข้นที่ให้ตามน้ำหนักตัวแพะที่เปลี่ยนแปลงทุกๆ 2สัปดาห์ เก็บข้อมูลและเก็บตัวอย่าง ดังนี้

4.2.1 บันทึกปริมาณการกินได้ของหญ้าและอาหารข้นตลอดระยะทดลองโดยชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในวันถัดไป แล้วนำมาคำนวณปริมาณการกินได้ในแต่ละวันสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าสด และอาหารข้นทุกๆ สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ทั้งอาหารที่ให้ (เช้า-เย็น) และอาหารที่เหลือ (เช้า-เย็น) โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 500 กรัม ดังนี้

ส่วนที่ 1 ชั่งน้ำหนักและทำการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักหลังอบเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพื่อนำมาปรับการกินได้ของสัตว์ในแต่ละวัน

ส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.2.2 การเก็บตัวอย่างมูล เก็บมูลจากแพะทุกตัว ในช่วง 3 วันสุดท้ายของระยะทดลองโดยการล้วงทางทวารหนัก (rectal sampling) ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร ปริมาณมูลที่เก็บประมาณ 150 กรัมต่อตัวต่อวัน ใส่ถุงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำมูลทั้งหมดของ

แพะแต่ละตัวมารวมกัน ทำการคลุกเคล้าทุกส่วนให้เข้ากันก่อนนำตัวอย่างมูลอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เก็บใส่ถุงที่ทำเครื่องหมายไว้เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

4.2.3 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองในวันแรกและวันสุดท้ายของระยะปรับตัว และในระยะทดลองชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลองทุกๆ 15 วัน จนกระทั่งเสร็จการทดลอง เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลองรวมทั้งคำนวณอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย - น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่แพะกินตลอดการทดลอง}}{\text{น้ำหนักเพิ่มของแพะทดลอง}}$$

4.2.4 ทำการคำนวณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) เป็นตัวบ่งชี้ภายใน และโภชนะรวมที่ย่อยได้ (total digestible nutrient) โดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)} = 100 - \left[100 \times \frac{\text{(\%AIA ในอาหาร)}}{\text{(\%AIA ในมูล)}} \right]$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ} = 100 - \left[100 \times \frac{\text{(\%AIA ในอาหาร)}}{\text{(\%AIA ในมูล)}} \times \frac{\text{(\%โภชนะในมูล)}}{\text{(\%โภชนะในอาหาร)}} \right]$$

โภชนะรวมที่ย่อยได้ (Total digestible nutrient, TDN) คำนวณจาก

$$\text{TDN} = \text{DCP} + \text{DCF} + \text{DNFE} + (\text{DEE} \times 2.25)$$

เมื่อ DCP = โปรตีนที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DCF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DNFE = ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DEE = ไขมันรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ (กรัม/วัน)

= สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ x ปริมาณโภชนะที่กินได้

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าและอาหารข้น คือ ความชื้น โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้าใช้วิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินใช้วิธี Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1975)

4.4 การวิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงแพะ

วิเคราะห์ต้นทุนการเลี้ยงแพะ ได้แก่ ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะทั้งหมด ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม ต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด กำไรเมื่อหักต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด และกำไรเมื่อหักเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองจากค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์โดยวิธี Orthogonal polynomial

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่มสด สายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าพลิแคททูลั่ม สายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 7 พบว่า หญ้าพลิแคททูลั่มในสภาพแห้งมีความชื้นมีวัตถุแห้ง 97.70 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 91.81 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 6.06 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.53 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 8.19 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 49.06 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 6.72 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 32.86 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 77.50 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 52.62 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 10.50 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 24.88 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 42.12 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด 4.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า ของหญ้าพลิแคททูลั่ม ในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของทวีศักดิ์ (2544) ที่พบว่าหญ้าพลิแคททูลั่มที่อายุการตัด 45 วัน มีเปอร์เซ็นต์ของอินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า

เท่ากับ 92.0, 5.9, 1.4 และ 7.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินของหญ้าพลิแคททูลั่มในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่า ทวีศักดิ์ (2544) ที่รายงานว่า ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินของหญ้าพลิแคททูลั่มที่อายุการตัด 45 วัน มีค่าเท่ากับ 72.2, 43.0 และ 5.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากการศึกษาของ ประพนธ์และวันชัย (2553) พบว่า ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสของหญ้าพลิแคททูลั่มที่อายุการตัด 45 วัน มีค่าเท่ากับ 71.15 และ 44.40 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้มีสาเหตุมาจากอายุของหญ้าเนื่องจากใช้หญ้าพลิแคททูลั่มที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีอายุการตัด 45-60 วัน จึงส่งผลให้มีส่วนของก้านมากกว่าใบ โดยเมื่อหญ้ามีอายุมากขึ้น ระดับโปรตีนรวมและคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง ซึ่งเป็นส่วนประกอบภายในเซลล์ลดลง ในขณะที่ระดับผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และลิกนินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ระดับของปุ๋ยที่ใช้ และฤดูกาลก็มีผลต่อระดับโภชนะต่างๆของหญ้า (สายัณห์, 2540; Van Soest, 1994)

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของสายหางกระรอกที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารข้น พบว่า มีวัตถุแห้ง 97.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเปอร์เซ็นต์โภชนะบนฐานวัตถุแห้งประกอบด้วย อินทรียวัตถุ 72.26 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 16.45 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.03 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 27.75 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 39.33 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 0.81 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 12.74 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 53.96 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 42.45 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 5.19 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 11.51 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 37.26 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด 9.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Anjana และ Matai (1990) และ Mohammad และคณะ (2004) ที่รายงานว่าสายหางกระรอกแห้งมีโปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม ไนโตรเจน-ฟรีเอกซ์แทรก อยู่ในช่วง 16-16.6, 3.5-3.7, 18.2-20.4, 15.1-27 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ วุฒิพรและคณะ (2528) รายงานว่า สายหางกระรอกมี วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เถ้า เยื่อใยรวม และไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก เท่ากับ 95.37, 13.86, 0.59, 18.42, 12.16 และ 50.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่า สายหางกระรอกมีผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส เท่ากับ 53.42 และ 43.65 เปอร์เซ็นต์ ตามาลำดับ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 96.58-97.37 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ 87.93-94.04 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 16.24-16.73 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.66-6.21 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 5.96-12.07 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 4.98-6.42 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 55.75-68.04 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 18.32-27.53 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 45.89-49.50 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 16.26-19.45 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 3.18-4.00 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 27.30-33.24 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส 12.31-15.45 เปอร์เซ็นต์ และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด

0.72-1.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ระดับโปรตีนรวมในอาหารข้นเมื่อทำการเสริมสายหางกระรอกมีค่าใกล้เคียงกัน (16.73, 16.24, 16.41 และ 16.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) นอกจากนี้พบว่า ระดับเยื่อใยรวมในอาหารข้นมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลเนื่องจากสายหางกระรอกมีเยื่อใยรวมสูงถึง 12.74 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2 การทดลองที่ 1) การใช้สายหางกระรอกในสูตรอาหารในระดับที่สูงขึ้น จึงส่งผลให้ระดับเยื่อใยรวมในสูตรอาหารสูงขึ้นด้วย

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของหญ้าพลิแคททูลั่ม สายหางกระรอกและอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	หญ้าพลิแคททูลั่ม	สายหางกระรอก	ระดับสายหางกระรอกในอาหารข้น (เปอร์เซ็นต์)			
			0	10	20	30
วัตถุแห้ง(สภาพสด)[1/]	97.70 (24.90)	97.30	97.37	97.04	96.58	96.94
อินทรียวัตถุ	91.81	72.26	94.04	92.12	90.33	87.93
โปรตีนรวม	6.06	16.45	16.73	16.24	16.41	16.65
ไขมันรวม	1.53	1.03	1.66	2.46	4.29	6.21
เถ้า	8.19	27.75	5.96	7.88	9.67	12.07
เยื่อใยรวม	32.86	12.74	4.98	5.41	6.42	6.26
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[2/]	49.06	39.33	68.04	65.05	59.79	55.75
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง[3/]	6.72	0.81	26.15	27.53	23.43	18.32
ผนังเซลล์	77.50	53.96	49.50	45.89	46.20	46.75
ลิกโนเซลลูโลส	52.62	42.45	16.26	16.91	16.31	19.45
ลิกนิน	10.50	5.19	3.95	3.18	3.96	4.00
เฮมิเซลลูโลส[4/]	24.88	11.51	33.24	28.98	29.89	27.30
เซลลูโลส[5/]	42.12	37.26	12.31	13.73	12.35	15.45
เถ้าที่ไม่ละลายในกรด	4.07	9.56	0.72	1.20	1.61	1.84

[1/] วัตถุแห้งของหญ้าพลิแคททูลั่มสภาพสด

[2/]ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = %วัตถุแห้ง-(%โปรตีนรวม+%เยื่อใยรวม+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[3/]คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง = 100-(%โปรตีนรวม+%ผนังเซลล์+%ไขมันรวม+%เถ้า)

[4/]เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์-ลิกโนเซลลูโลส

[5/]เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส-ลิกนิน

ปริมาณอาหารที่กินได้

ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 8 พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กินหญ้าพลิแคททูลั่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (256.96, 262.03, 252.46 และ 234.10 กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.92, 1.89, 1.88 และ 1.78 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 36.71, 36.38, 35.88 และ 33.80 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ)

ตารางที่ 8 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคลทูลั่มสดและอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	ระดับสายหางกระรอก (%)					Contrast[2]	
	0	10	20	30	SEM[1]	L	Q
หญ้าพลิแคททูลั่ม							
กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	256.96	262.03	252.46	234.10	11.64	0.16	0.33
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.92	1.89	1.88	1.78	0.06	0.34	0.73
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	36.71	36.38	35.88	33.80	1.15	0.27	0.63
อาหารข้น							
กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	239.81	254.26	247.16	240.72	8.87	0.94	0.40
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.82	1.83	1.84	1.81	0.01	0.55	0.19
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	34.62	35.16	35.22	34.43	0.39	0.85	0.27
รวม							
กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	496.77	516.28	499.62	474.82	18.99	0.32	0.24
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	3.75	3.72	3.72	3.58	0.06	0.28	0.59
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	71.33	71.55	71.11	68.24	1.29	0.21	0.36

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

ส่วนปริมาณการกินได้ของอาหารข้น พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กินอาหารข้นได้ 254.26, 247.16 และ 240.72 กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.83, 1.84 และ 1.81 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 35.16, 35.22 และ 34.43 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (239.81 กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 1.82 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 34.62 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) นอกจากนี้

ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่ม+อาหารข้น) ของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) (496.77, 516.28, 499.62 และ 474.82 กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน หรือ 3.75, 3.72, 3.72 และ 3.58 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 71.33, 71.55, 71.11 และ 68.24 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) การศึกษาครั้งนี้ พบว่า แพะมีปริมาณอาหารที่กินได้สอดคล้องกับ Devendra และ McLeroy (1982) และ Ashok และ Wadhwani (1982) ที่รายงานว่า ปริมาณอาหารที่แพะในเขตร้อนควรได้รับ คือ 3-3.1 และ 3.05-3.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตามลำดับ และสอดคล้องกับ AFRC (1998) ที่แนะนำว่า ปริมาณอาหารที่แพะที่กำลังเจริญเติบโตควรได้รับเท่ากับ 66 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก นอกจากนี้ Devendra และ Burns (1983) รายงานว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ในรูปวัตถุแห้งของแพะเพื่อการดำรงชีพ การผลิตเนื้อ และการผลิตน้ำนม เท่ากับ 1.70, 1.90-3.80 และ 2.00-4.90 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สายหางกระรอกเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารข้น ไม่ทำให้แพะกินอาหารลดลง และไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอาหารที่แพะกินได้

ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้

ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9) พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (235.91, 240.56, 231.78 และ 214.92 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 28.18, 27.74, 27.67 และ 27.83 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 9 ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด เสริมด้วยอาหารข้น ที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
หญ้าพลิแคททูลั่ม							
กรัม/ตัว/วัน	235.91	240.56	231.78	214.92	10.68	0.16	0.33
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	28.18	27.74	27.67	27.83	0.91	0.86	0.84
อาหารข้น							
กรัม/ตัว/วัน	225.52	234.22	223.26	211.67	8.26	0.31	0.38
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	27.19	26.76	26.76	27.18	0.34	0.98	0.42
รวม							
กรัม/ตัว/วัน	461.44	474.79	455.04	426.59	17.68	0.13	0.24
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	55.38	54.50	54.43	55.01	1.07	0.85	0.60

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากอาหารข้นของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (225.52, 234.22, 223.26 และ 211.67 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 27.19, 26.76, 26.76 และ 27.18 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) นอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุทั้งหมดที่แพะกินได้ (หญ้าพลิแคททูลั่ม+อาหารข้น) พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (461.44, 474.79, 455.04 และ 426.59 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 55.38, 54.50, 54.43 และ 55.01 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุของแพะในการศึกษาครั้งนี้ ใกล้เคียงกับรายงานของ เทียนทิพย์ (2550) ที่ใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดบด 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารข้น สำหรับแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับหญ้าเนเปียร์สดแบบเต็มที่ และพบว่าปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุจากหญ้าและอาหารข้น มีค่าอยู่ในช่วง 52.02-55.93 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน

ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (15.57, 15.88, 15.30 และ 14.18 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 1.86, 1.83, 1.83 และ 1.84 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากอาหารข้นของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ เท่ากับ 40.12, 41.29, 40.56 และ 40.08 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ หรือ 4.84, 4.72, 4.86 และ 5.14 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ของอาหารข้นเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L; P=0.03) เมื่อระดับสายหางกระรอกที่ใช้ในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 10 ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
หญ้าพลิแคททูลั่ม							
กรัม/ตัว/วัน	15.57	15.88	15.30	14.18	0.71	0.16	0.33
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	1.86	1.83	1.83	1.84	0.06	0.88	0.83
อาหารข้น							
กรัม/ตัว/วัน	40.12	41.29	40.56	40.08	1.44	0.92	0.68
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	4.84	4.72	4.86	5.14	0.07	0.03	0.06
รวม							
กรัม/ตัว/วัน	55.69	57.17	55.86	54.26	2.00	0.58	0.50
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	6.69	6.55	6.69	6.98	0.11	0.07	0.07

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

สำหรับปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่ม+อาหารข้น) พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ทั้งหมดบนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน เท่ากับ 55.69, 57.17, 55.86 และ 54.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หรือ 6.69, 6.55, 6.69 และ 6.98 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(P>0.05) ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ทั้งหมดบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง (L; P=0.07) ตามระดับของสายหางกระรอกที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้

ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 11 พบว่า ปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (199.14, 203.07, 195.66 และ 181.43 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 23.79, 23.42, 23.36 และ 23.49 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ส่วนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ของอาหารข้นในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ 118.71, 116.68, 114.18 และ 112.54 กรัมต่อตัวต่อวัน) พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า ปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ของอาหารข้นในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (14.45 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ (13.33 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ของอาหารข้นเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้ง (Q; P=0.01) เมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มสด+อาหารข้น) พบว่า ปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ทั้งหมดในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (317.86, 319.75, 309.84 และ 293.96 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 38.10, 36.75, 37.04 และ 37.95 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ 11 ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
ผนังเซลล์							
หญ้าพลิแคททูลั่ม							
กรัม/ตัว/วัน	199.14	203.07	195.66	181.43	9.02	0.16	0.33
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	23.79	23.42	23.36	23.49	0.77	0.86	0.84
อาหารข้น							
กรัม/ตัว/วัน	118.71	116.68	114.18	112.54	4.14	0.42	0.97
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	14.31[a]	13.33[b]	13.69[ab]	14.45[a]	0.21	0.54	0.01
รวม							
กรัม/ตัว/วัน	317.86	319.75	309.84	293.96	12.36	0.14	0.45
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	38.10	36.75	37.04	37.95	0.85	0.97	0.35
ลิกโนเซลลูโลส							
หญ้าพลิแคททูลั่ม							
กรัม/ตัว/วัน	135.21	137.88	132.84	123.18	6.12	0.16	0.33
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	16.15	15.89	15.86	15.95	0.53	0.86	0.83
อาหารข้น							
กรัม/ตัว/วัน	38.99[b]	42.99[ab]	40.31[ab]	46.82[a]	1.69	0.05	0.56
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	4.70[b]	4.91[b]	4.83[b]	6.01[a]	0.15	<0.0001	0.002
รวม							
กรัม/ตัว/วัน	174.21	180.87	173.16	170.00	7.15	0.49	0.46
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	20.85	20.81	20.69	21.96	0.56	0.38	0.42

[a,b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

สำหรับปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ พบว่า แพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ของหญ้าพลิแคททูลั่มสด (135.21, 137.88, 132.84 และ 123.18 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 16.15, 15.89, 15.86 และ 15.95 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้นบนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 0,

10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 38.99, 42.99 และ 40.31 กรัมต่อตัวต่อวัน และ 4.70, 4.91 และ 4.83 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่สูงกว่าอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) จึงทำให้แพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ได้รับจากอาหารข้นสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้นเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง (L; P=0.05) ตามระดับสายหางกระรอกที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มสด+อาหารข้น) พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ทั้งหมด (174.21, 180.87, 173.16 และ 170.00 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 20.85, 20.81, 20.69 และ 21.96 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สาเหตุที่แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณผนังเซลล์ และ ลิกโนเซลลูโลสที่ได้รับจากอาหารไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากโดยทั่วไปสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับเยื่อใยจากอาหารหยาบเป็นหลัก ดังนั้นเมื่อปริมาณอาหารหยาบที่แพะทั้ง 4 กลุ่ม กินได้มีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 8) จึงทำให้ปริมาณผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสที่แพะได้รับจากอาหารไม่แตกต่างกัน

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สำหรับผลการใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆในอาหารข้นต่อสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและโภชนะรวมที่ย่อยได้ของแพะแสดงในตารางที่ 12 พบว่า แพะที่ได้รับหญ้าสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (57.86 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 55.24 และ 56.15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 55.78-61.94 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (Q; P=0.03) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 45.71-53.75 เปอร์เซ็นต์ แต่สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นตรง (L; P=0.07) เมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ของแพะ

ทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่แพะที่ได้รับหญ้าสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลสเท่ากับ 41.90 และ 42.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (P>0.05) ซึ่งสูงกว่าแพะที่ได้รับหญ้าสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (35.33 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (Q; P=0.09 และ P=0.01 ตามลำดับ)

จากการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า การใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารมีผลทำให้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะลดลง ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจากการเติมน้ำมันพืชในสูตรอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระดับไขมันรวมในสูตรอาหารสูงถึง 6.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Ørskov และ Ryle (1990) รายงานว่า หากมีไขมันในสูตรอาหารมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ อาจมีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากไขมันเข้าไปหุ้มหรือเคลือบผิวของเยื่อใย ทำให้จุลินทรีย์เข้าย่อยได้ยาก ไม่สามารถย่อยเยื่อใยได้ หรืออาจจะเกิดจากไขมันเป็นพิษต่อจุลินทรีย์บางชนิด มีผลทำให้จำนวนประชากรจุลินทรีย์ลดลง รวมทั้งกรดไขมันอาจไปมีผลต่อผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้การทำงานของจุลินทรีย์ลดลง นอกจากนี้กรดไขมันสายยาวอาจจะไปทำปฏิกริยากับธาตุที่มีประจุบวก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์ หรือมีผลทางอ้อมต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมน ทำให้การย่อยได้ลดลง (Devendra and Lewis, 1974)

เมื่อพิจารณาโภชนะรวมที่ย่อยได้ในแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกทั้ง 4 สูตร พบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นที่ระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีโภชนะรวมที่ย่อยได้ (59.95, 58.42 และ 60.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่โภชนะรวมที่ย่อยได้ในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ (54.69 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่าโภชนะรวมที่ย่อยได้ในแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้โภชนะรวมที่ย่อยได้ลดลงแบบเส้นตรง (L; P=0.03) เมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับสูง มีเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยสูง จึงส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะของแพะลดลง

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ

โภชนะ	ระดับสายหางกระรอก (%)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
วัตถุแห้ง	55.24[ab]	56.15[a]	57.86[a]	50.93[b]	0.92	0.12	0.03
อินทรียวัตถุ	58.85	60.31	61.94	55.78	0.86	0.28	0.03
โปรตีนรวม	53.75	53.68	53.22	45.71	1.42	0.07	0.20
ผนังเซลล์	50.41	51.48	55.14	50.03	0.88	0.74	0.09
ลิกโนเซลลูโลส	36.55[bc]	41.90[ab]	42.86[a]	35.33[c]	1.23	0.74	0.01
โภชนะรวมที่ย่อยได้	59.95[a]	58.42[ab]	60.10[a]	54.69[b]	0.76	0.03	0.14

[a,b,c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 13 พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ บนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้บนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน พบว่า แพะที่ได้รับหญ้าสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (30.72 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแมเทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ต่ำกว่าแพะกลุ่มอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้เพิ่มขึ้นสูงสุด เมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (Q; $P=0.04$ และ 0.01 ตามลำดับ) ส่วนปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้บนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวันของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 24.88-31.03 กรัมต่อตัวต่อวัน และ 3.19-3.59 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมจากอาหารข้น ปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ทั้งหมด และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวมไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่ได้รับของแพะ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 1.02, 1.09, 1.07 และ 0.91 เมกะแคลอรีต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับเพิ่มขึ้นสูงสุด เมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (Q; P=0.04) อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดในหน่วยเมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 1.91 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (2.08, 2.11 และ 2.14 เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับมีแนวโน้มลดลงแบบเส้นโค้ง (Q; P=0.03) อาจเนื่องจากการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (ตารางที่ 12) ทั้งนี้ NRC (1981) รายงานว่า ความต้องการพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีพของแพะน้ำหนัก 10-20 กิโลกรัม ที่เลี้ยงแบบประณีตในเขตร้อน มีค่าอยู่ในช่วง 0.71-1.20 เมกะแคลอรีต่อวัน และหากต้องการให้แพะดังกล่าวมีอัตราการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ความต้องการพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ จะมีค่าอยู่ในช่วง 1.07-1.56 เมกะแคลอรีต่อวัน ซึ่งแพะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีน้ำหนักเริ่มต้น และน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ย 11.37±2.04 และ 16.92±0.90 กิโลกรัม ดังนั้นการเลี้ยงแพะโดยใช้หญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ทำให้แพะได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 1.09 และ 1.07 เมกะแคลอรีต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน

ตารางที่ 13 ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้							
กรัม/ตัว/วัน	269.76[ab]	288.14[a]	281.50[ab]	237.91[b]	11.75	0.11	0.04
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	32.47[a]	32.84[a]	33.67[a]	30.72[b]	0.65	0.09	0.01
โปรตีนรวมที่ย่อยได้							
กรัม/ตัว/วัน	29.69	31.03	29.50	24.88	1.35	0.16	0.24
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	3.59	3.52	3.54	3.19	0.08	0.12	0.36
พลังงานใช้ประโยชน์ได้[3]							
เมกะแคลอรี/วัน	1.02	1.09	1.07	0.91	0.04	0.11	0.04
เมกะแคลอรี/กิโลกรัม	2.08[a]	2.11[a]	2.14[a]	1.91[b]	0.03	0.06	0.03

[a,b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

[3]พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/วัน) = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) x 3.8 (Kearl, 1982)

อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

ผลของระดับสายหางกระรอกในอาหารข้นต่ออัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดแสดงในตารางที่ 14 พบว่า แพะที่ได้รับสายหางกระรอกในอาหารข้นระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 48.60 กรัมต่อวัน ด้อยกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต 62.77, 70.30 และ 64.72 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ถึงแม้จะไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาหารข้นที่ใช้ในการศึกษาทั้ง 4 สูตร ถูกคำนวณให้มีระดับโภชนะต่างๆเพียงพอกับความต้องการของแพะที่มีน้ำหนักตัว 10-20 กิโลกรัม และมีอัตราการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ตามคำแนะนำของ NRC (1981) อัตราการเจริญเติบโตของแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน ในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของซารีนา (2546) ซึ่งศึกษาผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมืองไทย และแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศเมียหลังหย่านม และรายงานว่า แพะที่แทะเล็มในแปลงหญ้าพลิแคททูลั่มเสริมอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนรวม 14 และ 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต 71.4 และ 74.2 กรัมต่อตัวต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าแพะที่แทะเล็มในแปลงหญ้าอย่างเดียวซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโต

50.2 กรัมต่อตัวต่อวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) นอกจากนี้ Pralomkarn และคณะ (1995) รายงานว่า แพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับหญ้าแห้งเสริมอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 18 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 69 กรัมต่อวัน

ตารางที่ 14 อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับหญ้า-พลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับสายหางกระรอก (%)				SEM[1]	Contrast[2]	
	0	10	20	30		L	Q
จำนวนแพะ (ตัว)	4	4	4	4			
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กิโลกรัม)	11.10	11.70	11.07	11.62	0.38	0.61	0.95
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม)	16.75	18.03	16.90	16.00	0.67	0.47	0.30
น้ำหนักเพิ่ม (กิโลกรัม)	5.65	6.32	5.82	4.37	0.36	0.16	0.13
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	62.77	70.30	64.72	48.60	4.00	0.16	0.13
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว	7.95[ab]	7.62[b]	7.70[b]	10.10[a]	0.39	0.06	0.08

[a,b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

[1]SEM: standard error of the means

[2]Contrast effects (L=linear, Q=quadratic)

สำหรับอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้อาหาร 7.62 และ 7.70 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ใกล้เคียงกับแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (7.95 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากสูตรอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีไขมันรวมสูงถึง 6.21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ลิกโนเซลลูโลส และโภชนะรวมที่ย่อยได้ รวมทั้งปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ที่ได้รับด้อยกว่าแพะกลุ่มอื่นๆ

ต้นทุนการเลี้ยงแพะ

ตารางที่ 15 แสดงต้นทุนการเลี้ยงแพะด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ พบว่า ราคาอาหารข้น 1 กิโลกรัมมีค่าลดลงตามระดับสายหางกระรอกที่เพิ่มสูงขึ้นในสูตรอาหาร โดยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีราคา 10.54 บาทต่อกิโลกรัม ต่ำกว่าอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ (12.96, 12.22 และ 11.41 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารหยาบและอาหารข้นตลอดการทดลอง พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสดทั้งหมด 24.30 บาทต่อตัว สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (23.40, 23.40 และ 21.60 บาทต่อตัว ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ต่อวัน (262.03 กรัมวัตถุแห้งต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (256.96, 252.46 และ 234.10 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) ส่วนต้นทุนค่าอาหารข้นทั้งหมด พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารข้นทั้งหมด (291.60 บาทต่อตัว) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (285.95, 266.99 และ 237.15 บาทต่อตัว ตามลำดับ) โดยพบว่า ต้นทุนค่าอาหารข้นทั้งหมดลดลงตามระดับสายหางกระรอกที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (หญ้าพลิแคททูลั่มสด+อาหารข้น) พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด 315.00 และ 310.25 บาทต่อตัว สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (290.39 และ 258.75 บาทต่อตัว) แสดงให้เห็นว่า การใช้สายหางกระรอกเสริมในอาหารข้น มีผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารลดลง

สำหรับต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม เท่ากับ 49.09 บาทต่อตัว ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (55.75, 49.89 และ 59.21 บาทต่อตัว ตามลำดับ) ซึ่งต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม จากการเลี้ยงแพะด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10% ในการศึกษาครั้งนี้ ใกล้เคียงกับการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้ข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ เสริมอาหารข้นที่มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม เท่ากับ 49.50 บาท (ณัฐพล, 2548)

เมื่อพิจารณาต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด 1,621.49 บาทต่อตัว ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้

สายหางกระรอก 0, 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (1,649.11, 1,716.47 และ 1,655.96 บาทต่อตัว ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ ยังคงมีต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม (271.59 บาทต่อตัว) ต่ำกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ (291.88, 278.61 และ 378.94 บาทต่อตัว) ทั้งนี้ต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม จากการเลี้ยงแพะด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาครั้งนี้ สูงกว่าการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ด้วยข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ เสริมอาหารข้นซึ่งมีต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กิโลกรัม เท่ากับ 253.79 บาท (นพพงษ์, 2549)

สำหรับผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะ ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีกำไรเมื่อหักเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร 1,707.16, 1,860.38 และ 1,751.47 บาทต่อตัว และกำไรเมื่อหักต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด 360.89, 447.13 และ 406.51 บาทต่อตัว ตามลำดับ สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (1,670.58 และ 264.04 บาทต่อตัว ตามลำดับ)

ตารางที่ 15 ต้นทุนและกำไรในการเลี้ยงแพะด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

รายการ	ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)			
	0	**10**	**20**	**30**
ต้นทุน				
ค่าอาหาร 1 กิโลกรัม (บาท)				
หญ้าพลิแคททูลั่มสด	1.00	1.00	1.00	1.00
อาหารข้น	12.96	12.22	11.41	10.54
ค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)				
หญ้าพลิแคททูลั่มสด	23.40	24.30	23.40	21.60
อาหารข้น	291.60	285.95	266.99	237.15
รวม	315.00	310.25	290.39	258.75
ค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)	55.75	49.09	49.89	59.21
ค่าแพะ (บาท/ตัว)[1/]	1,332.00	1,404.00	1,329.00	1,395.00
ค่ายาถ่ายพยาธิ (บาท/ตัว)	2.11	2.22	2.10	2.21
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ตัว)	1,649.11	1,716.47	1,621.49	1,655.96
ต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)	291.88	271.59	278.61	378.94
ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว)[1]	2,010.00	2,163.60	2,028.00	1,920.00
กำไร (บาท/ตัว)				
เมื่อหักเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร	1,707.16	1,860.38	1,751.47	1,670.58
เมื่อหักต้นทุนทั้งหมด	360.89	447.13	406.51	264.04

[1] ราคาซื้อและราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต เท่ากับ 120 บาทต่อกิโลกรัม

สรุป

จากการศึกษาการใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นในระดับต่างๆ ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านมที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสด พบว่า การใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นที่ระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่แพะกินได้แตกต่างกัน แต่การใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในอาหารข้นในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้แพะใช้ประโยชน์จากโภชนะได้ลดลง

และทำให้แพะ มีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ด้อยกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อพิจารณาต้นทุนและกำไรในการเลี้ยงแพะ พบว่า การใช้สายหางกระรอก 10 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารข้นให้ผลกำไรจากการเลี้ยงสูงที่สุด

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆในหลอดทดลอง โดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส รวมทั้งการศึกษาปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม ที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบอาหารสัตว์ในหลอดทดลอง โดยใช้วิธีเอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส พบว่า เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน และสายหางกระรอก มีค่าเท่ากับ 88.61, 91.68, 42.41 และ 70.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด มีค่าเท่ากับ 13.53, 13.85, 6.65 และ 11.17 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าอยู่ในช่วง 77.05-78.12 เปอร์เซ็นต์ และ 11.49-11.93 เมกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

2. ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม ที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ กินหญ้าพลิแคททูลั่มและอาหารข้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 234.10-262.03 และ 239.81-254.26 กรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ ปริมาณโปรตีนที่กินได้ ปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ และปริมาณลิกโนเซลลูเลสที่กินได้ ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (Q; $P=0.03$, 0.09 และ 0.01 ตามลำดับ) นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์โภชนะรวมที่ย่อยได้ ลดลงแบบเส้นตรง (L; $P=0.03$) เมื่อระดับสายหางกระรอกในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้

และพลังงานย่อยได้ เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อแพะได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 20 เปอร์เซ็นต์ และลดลงเมื่อได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ โดยแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 0.91-1.09 เมกะแคลอรีต่อวัน ซึ่งเพียงพอต่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโต ทั้งนี้แพะทั้ง 4 กลุ่ม มีอัตราการเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 48.60-70.30 กรัมต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ต้นทุน และกำไรในการเลี้ยงแพะ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้อาหาร 7.62 และ 7.70 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ตามลำดับ ใกล้เคียงกับแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0 เปอร์เซ็นต์ (7.95 กิโลกรัมต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม) ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวด้อยกว่าแพะกลุ่มอื่น นอกจากนี้ แพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้ต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (291.88, 271.59 และ 278.61 บาท) ต่ำกว่า และมีกำไรจากการเลี้ยงเมื่อหักต้นทุนทั้งหมด (360.89, 447.13 และ 406.51 บาทต่อตัว) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอก 30 เปอร์เซ็นต์ (378.94 และ 264.04 บาทต่อตัว) ดังนั้น สายหางกระรอกจึงสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการประกอบสูตรอาหารข้นสำหรับแพะ ซึ่งสามารถใช้สายหางกระรอกผสมในสูตรอาหารได้ถึงในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะ แต่การใช้สายหางกระรอกในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารข้น สำหรับเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใช้ต้นทุนในการเลี้ยงแพะต่ำที่สุด และได้รับกำไรสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาการนำสายหางกระรอกมาเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ ร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นที่มีในท้องถิ่น เพื่อลดต้นทุนการผลิตแพะ และเพิ่มศักยภาพการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. ควรมีการศึกษากระบวนการเตรียมสายหางกระรอก เช่น ระยะเวลาการตาก วิธีการตาก และวิธีการเก็บรักษาสายหางกระรอก เพื่อป้องกันการสูญเสียโภชนะ

3. ควรมีการศึกษาการใช้สายหางกระรอกในสภาพสดเป็นอาหารสัตว์

4. การใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในอาหารแพะ จะเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งในด้านลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มศักยภาพการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในท้องถิ่น หากมีการนำมาใช้ในกลุ่มเกษตรกรรอบๆทะเลสาบสงขลา ที่มีอาชีพการเลี้ยงแพะ เพราะสามารถลดในส่วนของต้นทุนค่าขนส่งสายหางกระรอก

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จินดา สนิทวงศ์. 2548. การใช้กากปาล์มน้ำมันเป็นอาหารโค-กระบือ. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548 หน้า 383-393. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ซารีนา สือแม. 2546. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่อการกินได้ การย่อยได้ และอัตราการเจริญเติบโตของแพะพันธุ์พื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่แทะเล็มในแปลงหญ้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐพล เพ็งบุญโสม. 2547. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นที่มีต่อลักษณะซากและองค์ประกอบของซากแพะเพศผู้พื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ทวีศักดิ์ ทองไฝ. 2544. อิทธิพลของระดับพลังงานในอาหารข้นต่อสมรรถนะการสืบพันธุ์ของแม่แพะและการเจริญเติบโตก่อนหย่านมของลูกแพะพื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่แทะเล็มในแปลงหญ้า. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เทียนทิพย์ ไกรพรม. 2550. ผลการใช้มันเส้นทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการใช้ประโยชน์ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นพพงษ์ ศรีอาจ. 2549. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นที่มีต่อการกินได้และการเจริญเติบโตของแพะเพศพื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นิวัติ เมืองแก้ว. 2531. ผลของการใช้กากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำระดับต่างๆในอาหารและการจำกัดอาหารหลังจากไก่ให้ไข่สูงสุดต่อการให้ผลผลิตในไก่ไข่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประพนธ์ บุญเจริญ และวันชัย อินทิแสง. 2553. อิทธิพลของช่วงเวลาการตัดที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนะของหญ้าพลิแคทูลัม. ว.วิชาการ มอบ. 12: 1-8.

ประวิทย์ รอดจันทร์. 2554. ผลของอัตราส่วนของเนื้อในเมล็ดยางพาราและสาหร่ายหางกระรอกต่อสมรรถภาพการผลิตและการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในสุกร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2538. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2 หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้า.

พันทิพา พงษ์เพียงจันทร์. 2547. หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

แพรวพรรณ เครือมังกร สุรพันท์ น้อยอุทัย และวรรณา อ่างทอง. 2548. คุณค่าทางโภชนะของหญ้ามอริซัส. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548 หน้า 160-180. กรุงเทพฯ: กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2542. การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน. นครศรีธรรมราช: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

วิยะดา บุญสีลาภ. 2556. ผลการเสริมกากถั่วเหลืองระดับต่างๆ ร่วมกับเยื่อในลำต้นสาคูต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วุฒิพร พรหมขุนทอง, กิจการ ศุภมาตย์ และดวงรัตน์ เทศประสิทธิ์. 2528. การใช้สาหร่ายหางกระรอก สาหร่ายพุงชะโด และผักตบชวาผสมในอาหารเพื่อใช้อนุบาลลูกปลาตะเพียนขาว. ว.สงขลานครินทร์. 7: 371-376.

สมเกียรติ สายธนู, สุรพล ชลดำรงค์กุล, สุรศักดิ์ คชภักดี และอภิชาติ หล่อเพชร. 2554. คู่มือการเลี้ยงแพะ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2546. ทะเลสาบสงขลาวิกฤตหนัก. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.nicaonline.com/new-233.html [เข้าถึง เมื่อ 23 เมษายน 2556].

สายัณห์ ทัตศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิตและการจัดการ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา ศรีเพ็ญ. 2540. พรรณไม้น้ำในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2540. สาหร่ายหางกระรอก: สมุนไพรชนิดใหม่. ว. วิทยาศาสตร์ มศว. 13: 76-80.

สุมน โพธิ์จันทร์ และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2537. ผลตอบแทนจากการขุนแพะในคอก. *ใน* รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2537. หน้า 140-150. กรุงเทพฯ : กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์.

สุมาลี เพ็ชรขันธ์. 2551. คุณค่าทางอาหารของเยื่อในลำต้นสาคูและผลพลอยได้จากสาคูและการใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรศักดิ์ คชภักดี, สุรพล ชลดำรงค์กุล, สมเกียรติ สายธนู และวินัย ประลมพ์กาญจน์. 2536. การระบาดของพยาธิตัวกลมในทางเดินอาหารและโปรโตซัวเชื้อบิดของลูกแพะหย่านม. ว.สงขลานครินทร์. 15: 23-29.

สุมิตรา สำเภาพล. 2543. การใช้เศษเหลือจากรวงข้าวผสมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันหมักด้วยยูเรียเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2533. บทปฏิบัติการ การวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต คูประเสริฐ. 2537. โภชนศาสตร์สัตว์. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรศักดิ์ คชภักดี, อภิชาติ หล่อเพชร, สุรพล ชลดำรงค์กุล, สมเกียรติ สายธนู และจารุรัตน์ ชินาจริยวงศ์. 2543. การเจริญเติบโตหลังหย่านม ของแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน ที่ได้รับอาหารข้นเสริมที่ระดับพลังงานและโปรตีนแตกต่างกัน. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ภาคใต้ครั้งที่ 1 ณ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 17-18 สิงหาคม 2546 หน้า 157-160.

เสาวภา อังสุภานิช. 2555. ระบบนิเวศทะเลสาบสงขลา. สงขลา: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อาณัติ จันทร์ถิระติกุล. 2549. โภชนศาสตร์สัตว์. มหาสารคาม: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์และสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อัจฉรา นิยมเดชา. 2558. ผลของการเสริมกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมันในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่เนื้อ. ว. มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 7: 101-112.

AFRC. 1998. The Nutrition of Goat. New York: CAB International.

Alimon, A. R. 2004. The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. Palm Oil Dev. 40: 12-14.

Anjana, B. and S. Matai. 1990. Composition of Indian aquatic plants in relation to utilization as animal forage. J. Aquat. Plant Manage. 28: 69-73.

AOAC. 1990. Official Method of Analyses. The 15th ed., Washington, D. C.: Association of Official Analytical Chemists.

Ashok, M. P. and K. N. Wadhwani. 1992. Feed-lot performance of Marwari kids on rations with varying proportion of concentrate and roughages. International Conference on Goats, New Delhi, India, March 1992, pp. 835-838.

Barko, J. W., R. M. Smart, D. G. McFarland and R. L. Chen. 1988. Interrelationships between the growth of *Hydrilla verticillata* (L. f.) royle and sediment nutrient availability aquatic botany. AQBODS. 32: 205-216.

Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn, S. Uriyapongson and P. Rowlinson. 2003. Ruminal degradability of tropical feeds and their potential use in ruminant diets. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16: 211-216.

Chanjula, P., A. Mesang and S. Pongprayoon. 2010. Effect of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay-based deit. Songklanakarin. J. Sci. Techol. 36: 527-536.

Chumpawadee, S., K. Sommart, T. Vongpralub and V. Pattarajinda. 2005. Estimation of rumen undegradable protein with *in situ* nylon bag and *in vitro* enzymatic technique in tropical concentrate feedstuffs. Walailak J. Sci. 2: 23-33.

De Boever, J. L., B. G. Cottyn, F. X. Buysse, F. W. Wainman and J. M. Vanacker. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminant. Anim. Feed Sci. Technol. 14: 203-214.

De Boever, J. L., B. G. Cottyn, J. I. Andries, F. X. Buysse and J. M. Vanacker. 1988. The use of a cellulase technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of forages. Anim. Feed Sci. Technol. 19: 247-260.

Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. Anim. Prod. 19: 67-75.

Devendra, C. and G. B. McLeroy. 1982. Nutrient requirement of goat. *In* Goat and Sheep Production in the Tropics. pp. 61-68. Singapore: Longman Group.

Devendra, C. and S. Burns. 1983. Goat Production in the Tropics. (2nd ed) Slough: Commonwealth Agricultural Bureau.

Easley, J. F. and R. L. Shirley. 1974. Nutrient elements for livestock in aquatic plants. Hyacinth Control J. 12: 82-85.

Gillespie, S. 2005. Men Over 40 Innate Response Formulas® Rational. Wassen : Bio San Laboratories, Inc.

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1975. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agricultural Handbook. No. 379. Washington, D. C. : Agricultural Research USDA.

Kochapakdee, S., W. Pralomkarn, S. Saithanoo, A. Lawpetchara and B. W. Norton. 1994. Grazing management studies with Thai goats. I. Productivity of female goat grazing newly established pasture with varying levels of supplementary feeding. J. Anim. Sci. 7: 289-294.

Langeland, K. A. 1996. *Hydrilla verticillata* (L. F.). Royle (Hydrocharitaceae), "The perfect aquatic weed". Castanea 61: 293-304.

Lizama, L. C., J. E. Marion and L. R. Mcdowell. 1988. Utilization of aquatic plants *Elodea canadensis* and *Hydrilla verticillata* in broiler chick diets. Anim. Feed Sci. Technol. 20: 155-161.

McDonald, P., R. A. Edwards and J. F. D. Greenhalgh. 1988. Plam kernel meal. *In*: Animal Nutrition (4th ed.) pp 462-463. Harlow: Longman Scientific and Technical Division.

McDowell, L. R., L. C. Lizama, J. E. Marion and C. J. Wilcox. 1988. Utilization of aquatic plants *Elodea canadensis* and *Hydrilla verticillata* in diets for laying hens. Poult. Sci. 69: 673-678.

Menke, K. H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding-stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. J. Agric. Sci. 93: 217-222.

Miyashige, T., O. A. Hassan, D. M. Jaafar and H. K. Wong. 1987. Digestibility and nutritive value of PKC, POME, PPF and rice straw by kedah-kelantan bulls. Proceeding of the 10th Annual Conference of MSAP, 2-4 April 1987, Kuala Lummpur, Malaysia, pp. 226-229.

Mohammad, A. K., K. J. Ahmad and K. C. Narendra. 2004. Growth, reproductive performance, musclend egg composition in grass carp *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes) fed hydrilla or formula diets with varying protein levels. Aquaculture Res. 35: 1277-1285.

Muztar, A. J., S. J. Slinger and J. H. Burton. 1976. Nutritive value of aquatic plants for chicks. Poult. Sci. 55: 1917-1924.

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

Orpin, C. O. 1984. The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell wall. Anim. Feed Sci. Technol. 10: 121 – 143.

Pralomkarn, W., S. Kochapakdee and S. Saithanoo. 1995. Energy and protein utilization for maintenance and growth of Thai native and Anglo-Nubian x Thai native male weaner goats. Small Rumin. Res. 16: 13-20.

Pyke, C. 2006. Using palm kernel extract (PKE) to improve cow performance. Dairy Proceedings 2006: 61-65.

Ørskov, E. R. and M. Ryle. 1990. Energy Nutrition in Ruminants. London: Elsevier Science Publishers.

Seven, P. T., and I. H. Cerci. 2006. Relationships between nutrient compostion and feed digestibility determined with enzyme and nylon bag (*in situ*) techniques in feed sources. J. Veterinary Medicine. 9: 107-113.

Spencer, D. F. and L. W. J. Anderon. 1986. Photoperiod responses in monoecious and dioecious *Hydrilla verticillata*. Weed Sci. 34: 551-557.

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

Suparjo, N. M. and M. Y. Rahman. 1987. Digestibility of palm kernel cake, palm oil meal effluent and quinea grass by sheep. Proceedings of the 10th Annual Conference of MSAP, 2-4 April 1987, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 230-234.

Sundstøl, F. 1993. Energy system for ruminants. Icel. Agr. Sci. 7: 11-19.

Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 18: 104-111.

Van Soest, P. J. 1994. Nutrition Ecology of the Ruminants. The 2nd ed. Ithaca. New York: Cornell University Press.

Wahyuni, R. D. 2012. Effect of enzyme supplementation in total mixed ration containing oil palm frond silage on productive performance of goat. Master of Science in Animal Science Prince of Songkla University.

Wan Zahari, M., A. R. Alimon and H. K. Wong. 2012. Utilization of oil palm co-products as feeds for livestock in Malaysia. Available at: http://www.fao.org/docrep/016/i3009e/i309. (Accessed on 25 November, 2015).

Yee, T. T. 1969. Compositon and nutritive value of some grasses, plants and aquatic weeds tested as diets. J. Fish Biol. 2: 253-257.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการนำสายหางกระรอกมาใช้ก่อนทำการทดลอง

ภาพที่ 1 การตากแห้งสายหางกระรอก

ภาพที่ 2 สายหางกระรอกสภาพแห้ง

ภาพที่ 3 สายหางกระรอกผ่านการบดละเอียด

ภาพที่ 4 การเก็บสายหางกระรอกใส่ถุงหลังตากแห้ง

ภาคผนวก ข
ภาพประกอบการทดลอง

การทดลองที่ 1 การประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอกและอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส

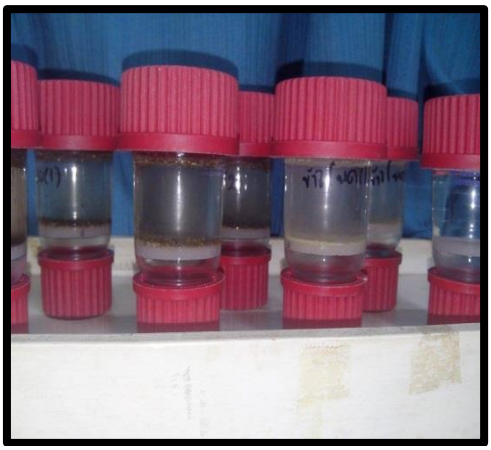
ภาพที่ 5 เอนไซม์เพปซิน

ภาพที่ 6 เอนไซม์เซลลูเลส

ภาพที่ 7 ครูซิเบิลแก้ว

ภาพที่ 8 ครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่างวัตถุดิบ

ภาพที่ 9 การย่อยด้วยเอนไซม์เซลลูเลส



ภาพที่ 10 การย่อยด้วยเอนไซม์เพปซิน

ภาพที่ 11 การบ่มครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่าง

ภาพที่ 12 ครูซิเบิลแก้วพร้อมตัวอย่างแช่ในอ่างน้ำ (water bath) อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

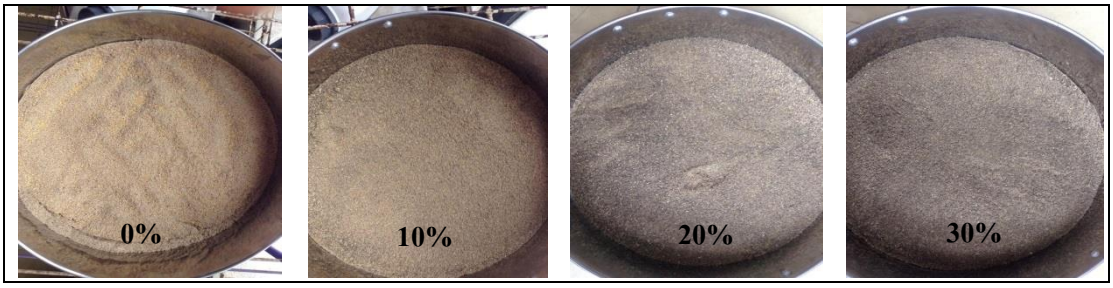
การทดลองที่ 2 ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม ที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

ภาพที่ 13 การชั่งน้ำหนักแพะทดลอง

ภาพที่ 14 กรงขังเดี่ยวรวมทั้งอุปกรณ์

ภาพที่ 15 เครื่องสับหญ้า

ภาพที่ 16 แปลงหญ้าทดลอง



ภาพที่ 17 อาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 18 แพะทดลองในกรงขังเดี่ยว

ภาพที่ 19 การล้วงมูลแพะทางทวาร

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองที่ 1: การประเมินการย่อยได้ของสายหางกระรอก และอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ ในหลอดทดลองโดยวิธีใช้เอนไซม์เพปซินและเซลลูเลส

ตารางภาคผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์การละลายได้ของอินทรียวัตถุโดยเอนไซม์เซลลูเลส (COMS) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	3	6.648	1.662	2.52	0.2367
TRT	3	1.383	0.461	0.70	0.6121
ERROR	12	1.978	0.659		
TOTAL	15	8.626			

CV = 0.987%

ตารางภาคผนวกที่ 2 เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	3	6.299	1.575	2.52	0.2372
TRT	3	1.306	0.435	0.70	0.6136
ERROR	12	1.877	0.625		
TOTAL	15	8.177			

CV = 1.019%

ตารางภาคผนวกที่ 3 พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ โดยวิธีเอนไซม์เพปซิน-เซลลูเลส

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	3	0.324	0.081	3.72	0.1545
TRT	3	0.265	0.088	4.05	0.1404
ERROR	12	0.065	0.021		
TOTAL	15	0.389			

CV = 1.259%

การทดลองที่ 2: ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้หลังหย่านม ที่ได้รับอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกระดับต่างๆ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	27,855.864	4,642.644	9.00	0.0022
TRT	3	1,777.294	592.431	1.15	0.3811
BLOCK	3	26,078.570	8,692.857	16.86	0.0005
ERROR	9	4,640.351	515.595		
TOTAL	15	32,496.216			

CV = 9.033%

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.417	0.069	1.69	0.2309
TRT	3	0.047	0.016	0.39	0.7649
BLOCK	3	0.369	0.123	2.98	0.0887
ERROR	9	0.371	0.041		
TOTAL	15	0.788			

CV = 10.869%

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	204.413	34.069	2.73	0.0851
TRT	3	20.434	6.811	0.55	0.6629
BLOCK	3	183.979	61.326	4.92	0.0272
ERROR	9	112.208	12.467		
TOTAL	15	316.621			

CV = 9.892%

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	13,741.320	2,290.220	4.01	0.0310
TRT	3	538.659	179.553	0.31	0.8147
BLOCK	3	13,202.661	4,400.887	7.71	0.0074
ERROR	9	5,138.949	570.994		
TOTAL	15	18,880.269			

CV = 9.734%

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.006	0.001	1.43	0.3029
TRT	3	0.002	0.001	1.13	0.3878
BLOCK	3	0.004	0.001	1.72	0.2312
ERROR	9	0.007	0.001		
TOTAL	15	0.013			

CV = 1.48%

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารข้นที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	25.479	4.246	3.31	0.0524
TRT	3	1.853	0.618	0.48	0.7029
BLOCK	3	23.626	7.875	6.15	0.0147
ERROR	9	11.532	1.281		
TOTAL	15	37.011			

CV = 3.247%

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	75,273.428	12,545.571	10.01	0.0015
TRT	3	3,482.864	1,160.954	0.93	0.4667
BLOCK	3	71,790.563	23,930.188	19.10	0.0003
ERROR	9	11,278.097	1,253.122		
TOTAL	15	86,551.524			

CV = 7.124%

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้(เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.436	0.073	1.97	0.1726
TRT	3	0.064	0.021	0.58	0.6415
BLOCK	3	0.372	0.124	3.37	0.0686
ERROR	9	0.332	0.037		
TOTAL	15	0.768			

CV = 5.198%

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอาหารทั้งหมดที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	308.908	51.485	5.04	0.0157
TRT	3	29.001	9.667	0.95	0.4587
BLOCK	3	279.908	93.303	9.12	0.0043
ERROR	9	92.027	10.225		
TOTAL	15	400.936			

CV = 4.532%

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	23,480.599	3913.433	9.00	0.0022
TRT	3	1,498.315	499.438	1.15	0.3811
BLOCK	3	21,982.285	7,327.428	16.86	0.0005
ERROR	9	3,911.898	434.655		
TOTAL	15	27,392.498			

CV = 9.033%

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	128.783	21.464	2.67	0.0899
TRT	3	0.617	0.206	0.03	0.9941
BLOCK	3	128.166	42.722	5.32	0.0221
ERROR	9	72.330	8.036		
TOTAL	15	201.113			

CV = 10.177%

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	12,010.035	2,001.673	4.10	0.0291
TRT	3	1,036.031	345.344	0.71	0.5715
BLOCK	3	10,974.004	3,658.001	7.49	0.0081
ERROR	9	4,394.289	488.254		
TOTAL	15	16,404.324			

CV = 9.879%

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	19.163	3.194	3.13	0.0607
TRT	3	0.736	0.245	0.24	0.8659
BLOCK	3	18.426	6.142	6.02	0.0155
ERROR	9	9.179	1.019		
TOTAL	15	28.342			

CV = 3.744%

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	65,214.012	10,869.002	9.94	0.0015
TRT	3	4,955.585	1,651.862	1.51	0.2770
BLOCK	3	60,258.427	20,086.142	18.38	0.0004
ERROR	9	9,837.130	1,093.014		
TOTAL	15	75,051.142			

CV = 7.275%

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	209.623	34.937	4.85	0.0177
TRT	3	2.418	0.806	0.11	0.9510
BLOCK	3	207.205	69.068	9.58	0.0037
ERROR	9	64.885	7.209		
TOTAL	15	274.509			

CV = 4.897%

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	102.330	17.055	9.00	0.0022
TRT	3	6.547	2.182	1.15	0.3802
BLOCK	3	95.784	31.928	16.85	0.0005
ERROR	9	17.055	1.895		
TOTAL	15	119.386			

CV = 9.036%

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.561	0.093	2.67	0.0901
TRT	3	0.003	0.001	0.02	0.9943
BLOCK	3	0.558	0.186	5.31	0.0221
ERROR	9	0.315	0.035		
TOTAL	15	119.386			

CV = 10.177%

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	361.941	60.323	3.95	0.0323
TRT	3	3.799	1.266	0.08	0.9676
BLOCK	3	358.141	119.381	7.82	0.0071
ERROR	9	137.312	15.256		
TOTAL	15	499.254			

CV = 9.641%

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	1.015	0.169	4.55	0.0214
TRT	3	0.393	0.131	3.53	0.0618
BLOCK	3	0.622	0.207	5.57	0.0194
ERROR	9	0.335	0.037		
TOTAL	15	1.349			

CV = 3.942%

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	795.719	132.619	7.05	0.0052
TRT	3	16.976	5.659	0.30	0.8243
BLOCK	3	778.743	259.581	13.79	0.0010
ERROR	9	169.413	18.824		
TOTAL	15	965.132			

CV = 7.783%

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	2.325	0.388	7.86	0.0036
TRT	3	0.406	0.135	2.74	0.1052
BLOCK	3	1.919	0.639	12.97	0.0013
ERROR	9	0.444	0.049		
TOTAL	15	2.769			

CV = 3.300%

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	16,729.598	2,788.266	9.00	0.0022
TRT	3	1,067.565	355.855	1.15	0.3811
BLOCK	3	15,662.033	5,220.678	16.86	0.0005
ERROR	9	2,786.937	309.659		
TOTAL	15	19,516.536			

CV = 9.032%

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	91.722	15.287	2.67	0.0900
TRT	3	0.439	0.146	0.03	0.9941
BLOCK	3	91.283	30.428	5.31	0.0221
ERROR	9	51.539	5.727		
TOTAL	15	143.262			

CV = 10.177%

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	2,993.376	498.896	4.02	0.0309
TRT	3	88.732	29.577	0.24	0.8676
BLOCK	3	2,904.644	968.215	7.80	0.0071
ERROR	9	1,117.849	124.206		
TOTAL	15	4,111.226			

CV = 9.647%

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	8.385	1.397	4.81	0.0181
TRT	3	3.356	1.119	3.85	0.0505
BLOCK	3	5.029	1.676	5.76	0.0176
ERROR	9	2.617	0.291		
TOTAL	15	11.002			

CV = 3.867%

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	32,101.836	5,350.306	10.59	0.0012
TRT	3	1,653.981	551.327	1.09	0.4015
BLOCK	3	30,447.855	10,149.285	20.09	0.0003
ERROR	9	4,546.736	505.193		
TOTAL	15	36,648.572			

CV = 7.242%

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	128.433	21.405	4.09	0.0293
TRT	3	5.336	1.778	0.34	0.7972
BLOCK	3	123.097	41.032	7.84	0.0070
ERROR	9	47.086	5.231		
TOTAL	15	175.519			

CV = 6.106%

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	7,712.775	1,285.463	9.01	0.0022
TRT	3	492.061	164.020	1.15	0.3811
BLOCK	3	7,220.714	2,406.905	16.86	0.0005
ERROR	9	1,284.617	142.735		
TOTAL	15	8,997.392			

CV = 9.032%

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสด (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	42.348	7.058	2.67	0.0898
TRT	3	0.206	0.068	0.03	0.9939
BLOCK	3	42.142	14.047	5.32	0.0221
ERROR	9	23.776	2.642		
TOTAL	15	66.124			

CV = 10.181%

ตารางภาคผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	538.962	89.827	5.32	0.0132
TRT	3	143.206	47.735	2.83	0.0989
BLOCK	3	395.756	131.918	7.82	0.0071
ERROR	9	151.889	16.877		
TOTAL	15	690.852			

CV = 9.716%

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	5.141	0.857	16.61	0.0002
TRT	3	4.404	1.468	28.45	<0.0001
BLOCK	3	0.737	0.246	4.76	0.0296
ERROR	9	0.464	0.052		
TOTAL	15	5.606			

CV = 4.440%

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	10,806.973	1,801.162	10.92	0.0011
TRT	3	250.846	83.615	0.51	0.6872
BLOCK	3	10,556.127	3,518.709	21.33	0.0002
ERROR	9	1,484.398	164.933		
TOTAL	15	12,291.371			

CV = 7.357%

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้จากหญ้าพลิแคททูลั่มสดและอาหารข้น (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	54.005	9.001	3.69	0.0392
TRT	3	4.235	1.412	0.58	0.6433
BLOCK	3	49.770	16.590	6.80	0.0109
ERROR	9	21.945	2.438		
TOTAL	15	75.951			

CV = 7.407%

ตารางภาคผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	125.144	20.856	2.44	0.1107
TRT	3	104.930	34.977	4.09	0.0436
BLOCK	3	20.213	6.738	0.79	0.5304
ERROR	9	76.970	8.552		
TOTAL	15	202.114			

CV = 5.312%

ตารางภาคผนวกที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	101.206	16.868	1.96	0.1755
TRT	3	82.062	27.354	3.17	0.0779
BLOCK	3	19.144	6.381	0.74	0.5544
ERROR	9	77.547	8.616		
TOTAL	15	178.753			

CV = 4.957%

ตารางภาคผนวกที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	216.996	36.166	1.22	0.3782
TRT	3	185.037	61.679	2.08	0.1730
BLOCK	3	31.959	10.653	0.36	0.7840
ERROR	9	266.531	29.615		
TOTAL	15	483.527			

CV = 10.548%

ตารางภาคผนวกที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	93.221	15.537	1.49	0.2833
TRT	3	65.239	21.746	2.09	0.1725
BLOCK	3	27.983	9.328	0.89	0.4806
ERROR	9	93.847	10.427		
TOTAL	15	187.069			

CV = 6.238%

ตารางภาคผนวกที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	248.135	41.356	3.18	0.0585
TRT	3	172.603	57.534	4.42	0.0359
BLOCK	3	75.532	25.177	1.93	0.1946
ERROR	9	117.150	13.017		
TOTAL	15	365.285			

CV = 9.208%

ตารางภาคผนวกที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณของโภชนะรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	86.007	14.334	2.44	0.1104
TRT	3	76.034	25.345	4.32	0.0381
BLOCK	3	9.973	3.324	0.57	0.6508
ERROR	9	52.819	5.869		
TOTAL	15	138.826			

CV = 4.156%

ตารางภาคผนวกที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	27,021.34	4,503.56	6.58	0.0066
TRT	3	5,956.70	1,985.57	2.90	0.0941
BLOCK	3	21,064.64	7,021.55	10.25	0.0029
ERROR	9	6,164.14	684.90		
TOTAL	15	33,185.49			

CV = 9.72%

ตารางภาคผนวกที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	92.14	15.36	14.25	0.0004
TRT	3	18.56	6.19	5.74	0.0178
BLOCK	3	73.58	24.53	22.76	0.0002
ERROR	9	9.70	1.08		
TOTAL	15	101.84			

CV = 3.20%

ตารางภาคผนวกที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	240.51	40.08	1.82	0.2006
TRT	3	86.43	28.81	1.31	0.3300
BLOCK	3	154.07	51.36	2.34	0.1420
ERROR	9	197.85	21.98		
TOTAL	15	438.36			

CV = 16.29%

ตารางภาคผนวกที่ 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.64	0.11	1.13	0.4150
TRT	3	0.41	0.14	1.44	0.2952
BLOCK	3	0.23	0.08	0.83	0.5097
ERROR	9	0.85	0.09		
TOTAL	15	1.49			

CV = 8.87%

ตารางภาคผนวกที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรีต่อกิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.16	0.03	2.49	0.1054
TRT	3	0.13	0.04	4.22	0.0403
BLOCK	3	0.02	0.01	0.77	0.5414
ERROR	9	0.09	0.01		
TOTAL	15	0.25			

CV = 4.98%

ตารางภาคผนวกที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรีต่อวัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	0.39	0.06	6.71	0.0062
TRT	3	0.08	0.03	2.95	0.0907
BLOCK	3	0.30	0.10	10.47	0.0027
ERROR	9	0.09	0.01		
TOTAL	15	0.47			

CV = 9.59%

ตารางภาคผนวกที่ 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	26.630	4.438	6.72	0.0061
TRT	3	1.335	0.445	0.67	0.5892
BLOCK	3	25.295	8.432	12.78	0.0014
ERROR	9	5.940	0.660		
TOTAL	15	32.570			

CV = 7.142%

ตารางภาคผนวกที่ 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	71.219	11.870	3.01	0.0674
TRT	3	8.387	2.796	0.71	0.5712
BLOCK	3	62.832	20.944	5.30	0.0222
ERROR	9	35.546	3.949		
TOTAL	15	106.764			

CV = 11.746%

ตารางภาคผนวกที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้ำหนักเพิ่ม (กิโลกรัม) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	16.739	2.790	1.74	0.2192
TRT	3	8.267	2.756	1.72	0.2331
BLOCK	3	8.472	2.824	1.76	0.2250
ERROR	9	14.460	1.607		
TOTAL	15	31.199			

CV = 22.865%

ตารางภาคผนวกที่ 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน) ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	2,065.660	344.277	1.73	0.2196
TRT	3	1,023.345	341.115	1.72	0.2324
BLOCK	3	1,042.315	347.438	1.75	0.2263
ERROR	9	1,786.360	198.484		
TOTAL	15	3,852.020			

CV = 22.871%

ตารางภาคผนวกที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ของแพะที่ได้รับหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F	P-value
MODEL	6	20.184	3.364	1.80	0.2057
TRT	3	16.682	5.561	2.97	0.0894
BLOCK	3	3.502	1.167	0.62	0.6172
ERROR	9	16.834	1.871		
TOTAL	15	37.019			

CV = 16.39%

ภาคผนวก ง

การคำนวณต้นทุนการผลิตและผลตอบแทน

1. ต้นทุนค่าอาหาร

1.1 ต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว)

= ปริมาณหญ้าพลิแคททูลั่มสดที่แพะกิน (กก. น้ำหนักในสภาพที่ให้แพะกิน/วัน) x จำนวนวันที่เลี้ยง (90 วัน) x ราคาหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/กก.)

ตารางภาคผนวกที่ 54 การคำนวณต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณหญ้าที่กิน (กก./วัน) (สภาพที่ให้สัตว์กิน)	ราคาหญ้าสด (บาท/กก.)	จำนวนวันที่เลี้ยง	ต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว)
0	0.26	1.0	90	23.40
10	0.27	1.0	90	24.30
20	0.26	1.0	90	23.40
30	0.24	1.0	90	21.60

1.2 ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)

= ปริมาณอาหารข้นที่แพะกิน (กก. น้ำหนักในสภาพที่ให้แพะกิน/วัน) x จำนวนวันที่เลี้ยง (90 วัน) x ราคาอาหารข้น (บาท/กก.)

ตารางภาคผนวกที่ 55 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณอาหารที่กิน (กก./วัน) (สภาพที่ให้สัตว์กิน)	ราคาอาหารข้น (บาท/กก.)	จำนวนวันที่เลี้ยง	ค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)
0	0.25	12.96	90	291.60
10	0.26	12.22	90	285.95
20	0.26	11.41	90	266.99
30	0.25	10.54	90	237.15

1.3 ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)

= ต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว) + ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)

ตารางภาคผนวกที่ 56 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นทุนค่าหญ้าพลิแคททูลั่มสด (บาท/ตัว)	ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)	ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)
0	23.40	291.60	315.00
10	24.30	285.95	310.25
20	23.40	266.99	290.39
30	21.60	237.15	258.75

1.4 ต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)

$$= \frac{\text{ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)}}{\text{น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มตลอดการทดลอง}}$$

ตารางภาคผนวกที่ 57 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นทุนค่าอาหารข้น (บาท/ตัว)	น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง	ต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)
0	291.60	5.65	51.61
10	285.95	6.32	45.24
20	266.99	5.82	45.87
30	237.15	4.37	54.27

1.5 ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)

$$= \frac{\text{ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)}}{\text{น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มตลอดการทดลอง}}$$

ตารางภาคผนวกที่ 58 การคำนวณต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)	น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง	ต้นทุนค่าอาหารข้นต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)
0	315.00	5.65	55.75
10	310.25	6.32	49.09
20	290.39	5.82	49.89
30	258.75	4.37	59.21

2. ต้นทุนค่าสัตว์ทดลอง (บาท/ตัว)

= น้ำหนักแพะเริ่มต้น (กก.) x ราคาซื้อแพะมีชีวิต (120 บาท/กก.)

ตารางภาคผนวกที่ 59 การคำนวณต้นทุนค่าสัตว์ทดลอง (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักแพะเริ่มต้น (กก.)	ราคาซื้อแพะมีชีวิต (120 บาท/กก.)	ต้นทุนค่าสัตว์ทดลอง (บาท/ตัว)
0	11.10	120	1,332.00
10	11.70	120	1,404.00
20	11.07	120	1,329.00
30	11.62	120	1,395.00

หมายเหตุ : ราคาซื้อแพะมีชีวิต อิงตามราคาของศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ณ เดือน กันยายน พ.ศ. 2557

3. ต้นทุนค่ายาถ่ายพยาธิ (บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.)

3.1 ค่ายาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) =

$$\frac{\text{ราคายา (บาท/ขวด)}}{\text{อัตราการฉีด (น้ำหนักตัวแพะ 50 กก./ปริมาณยา 1 มล.) x ปริมาณยา (มล./ขวด)}}$$

$$= \frac{\text{350 บาท}}{\text{(50 กก./1 มล.) x (100 มล./ขวด)}}$$

= 0.07 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.

หมายเหตุ : ยาไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) [(Idectin®), British Dispensary (L.P.) Co. Ltd., (Thailand)] ณ เดือน กันยายน พ.ศ. 2557 ราคา 350 บาท/ขวด (100 มล.) ฉีดอัตรา 1 มล./น้ำหนักตัวแพะ 50 กก.

3.2 ค่ายาอเบนดาโซล (ABENTEL) =

$$\frac{\text{ราคายา (บาท/ขวด) x อัตราการผสมยากับน้ำสะอาด (1 มล./10 มล.)}}{\text{ปริมาณยา (มล./ขวด)}}$$

$$= \frac{\text{35 x (1/10)}}{\text{(30 มล./ขวด)}}$$

= 0.12 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.

หมายเหตุ : ยาอเบนดาโซล [(ABENTEL®), Atlantic Labonatonies Co. Ltd., (Thailand)] ณ เดือน กันยายน พ.ศ. 2557 ราคา 35 บาท/ขวด (35 มล.) โดยการละลายน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1 มล./10 มล. แล้วกรอกให้แพะกินทางปากในอัตราส่วน 1 มล./น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.

3.3 ค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.)

= ค่ายาไอเวอร์เมกติน (0.07 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.) + ค่ายาอเบนดาโซล (0.12 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.)

= 0.19 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.

3.4 ต้นทุนค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.)

= น้ำหนักตัวแพะเริ่มต้น (กก.) x ราคายาถ่ายพยาธิรวม (0.19 บาท/น้ำหนักตัวแพะ 1 กก.)

ตารางภาคผนวกที่ 60 การคำนวณค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักตัวแพะเริ่มต้น (กก.)	ค่ายาถ่ายพยาธิรวม (120 บาท/กก.)	ต้นทุนค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/ตัว)
0	11.10	0.19	2.11
10	11.70	0.19	2.22
20	11.07	0.19	2.10
30	11.62	0.19	2.21

4. ต้นทุนในการเลี้ยงแพะ (บาท/ตัว)

4.1 ต้นทุนในการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว)

= ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว) + ต้นทุนค่าแพะ (บาท/ตัว) + ต้นทุนค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/ตัว)

ตารางภาคผนวกที่ 61 การคำนวณต้นทุนในการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)	ต้นทุนค่าสัตว์ทดลอง (บาท/ตัว)	ต้นทุนค่ายาถ่ายพยาธิรวม (บาท/ตัว)	ต้นทุนในการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว)
0	315.00	1,332.00	2.11	1,649.11
10	310.25	1,404.00	2.22	1,716.47
20	290.39	1,329.00	2.10	1,621.49
30	258.75	1,395.00	2.21	1,655.96

หมายเหตุ : 1. ต้นทุนในการผลิตแพะทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ ไม่ได้รวมค่าวัคซีน และอื่นๆ เช่น ค่าเสื่อมโรงเรือน ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าแรงงาน เป็นต้น

2. ราคาซื้อแพะมีชีวิต = 120 บาทต่อกิโลกรัม

4.2 ต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว)

$$= \frac{\text{ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ตัว)}}{\text{น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง}}$$

ตารางภาคผนวกที่ 62 การคำนวณต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่ม 1 กิโลกรัม (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นทุนในการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว)	น้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง	ต้นทุนทั้งหมดต่อน้ำหนักตัวแพะที่เพิ่มขึ้น 1 กก. (บาท/ตัว)
0	1,649.11	5.65	291.88
10	1,716.47	6.32	271.59
20	1,621.49	5.82	278.61
30	1,655.96	4.37	378.94

5. กำไรจากการเลี้ยงแพะ

5.1 ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว)

= น้ำหนักตัวแพะสิ้นสุด (กก.) x ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (120 บาท/กก.)

ตารางภาคผนวกที่ 63 การคำนวณราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักตัวแพะสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/กก.)	ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว)
0	16.75	120	2,010.00
10	18.03	120	2,163.60
20	16.90	120	2,028.00
30	16.00	120	1,920.00

5.2 กำไรเมื่อคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)

= ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว) – ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)

ตารางภาคผนวกที่ 64 การคำนวณกำไรเมื่อคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว)	ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)	กำไรจากการเลี้ยงแพะเมื่อคิดเฉพาะต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ตัว)
0	2,010.00	302.84	1,707.16
10	2,163.60	303.22	1,860.38
20	2,028.00	276.53	1,751.47
30	1,920.00	249.42	1,670.58

5.3 กำไรเมื่อคิดต้นทุนทั้งหมด (บาท/ตัว)

= ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว) – ต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว)

ตารางภาคผนวกที่ 65 การคำนวณกำไรเมื่อคิดต้นทุนการเลี้ยงแพะทั้งหมด (บาท/ตัว) ในการเลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50% ด้วยหญ้าพลิแคททูลั่มสดเสริมด้วยอาหารข้นที่ใช้สายหางกระรอกเป็นส่วนประกอบในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์

ระดับสายหางกระรอก (เปอร์เซ็นต์)	ราคาจำหน่ายแพะมีชีวิต (บาท/ตัว)	ต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด (บาท/ตัว)	กำไรจากการเลี้ยงแพะเมื่อคิดต้นทุนการเลี้ยงทั้งหมด (บาท/ตัว)
0	2,010.00	1,649.11	360.89
10	2,163.60	1,716.47	447.13
20	2,028.00	1,621.49	406.51
30	1,920.00	1,655.96	264.04

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวสุกัญญา พูลทจิตร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5610620009

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	2555

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สุกัญญา พูลทจิตร, วันวิศาข์ งามผ่องใส และไชยวรรณ วัฒนจันทร์. 2558. ผลของระดับสายหางกระรอกในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะเพศผู้. วารสารสัตวศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 2 ฉบับพิเศษ 1. หน้า 405-409.