ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

Effect of Enzyme Supplementation in Total Mixed Ration Using Oil Palm Frond Silage as Roughage Source on Nutrient Utilization and Rumen Ecology of Goats

เกตวรรณ บุญเทพ

Kettawan Boonthep

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
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

ผู้เขียน นางสาวเกตวรรณ บุญเทพ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันวิศาข์ งามผ่องใส)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไชยวรรณ วัฒนจันทร์)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ คชภักดี)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปิ่น จันจุฬา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ อินทร์สังข์)

.....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.....
(นางสาวเกตวรรณ บุญเทพ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวเกตวรรณ บุญเทพ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

ผู้เขียน นางสาวเกตวรรณ บุญเทพ

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพในการใช้เอนไซม์เสริมในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การใช้เทคนิคการผลิตแก๊สประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ผลิตจากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ในระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรู เมนของแพะ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) พบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ (a) และอัตราการผลิตแก๊ส ที่คงที่ (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกัน ทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ (b) และศักยภาพการผลิตแก๊ส (d) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (86.83, 81.67 และ 82.28 มล. ตามลำดับ และ 94.26, 90.93 และ 90.37 มล. ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (72.48 และ 79.49 มล. ตามลำดับ , $P<0.05$) นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (2.72 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 74.77 % ตามลำดับ) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 65.23 % ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อการ ย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 32.7 ±0.5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว วางแผนการทดลองแบบ 4×4 ลาตินสแควร์ (Latin Square Design, LSD) โดยให้แพะทดลองรับอาหาร

ผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ผลิตจากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ในระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่า ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โ ปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโภชนะรวมที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (60.52, 65.32 และ 62.26 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (47.98, 54.81 และ 53.14 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง นอกจากนี้แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีสมดุลไนโตรเจน ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) แต่สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน และความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย พบว่ามีค่า าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณากรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (5.81 กรัมไนโตรเจนต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (4.89 และ 4.92 กรัมไนโตรเจนต่อวัน)อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังนั้น การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่ง อาหารหยาบ ส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะในแพะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

Thesis Title Effect of enzyme supplementation in total mixed ration using oil palm frond silage as roughage source on nutrient utilization and rumen ecology of goats

Author Miss Kettawan Boonthep

Major Program Animal Science

Academic Year 2013

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the potential of enzyme supplementation in oil palm frond (OPF) silage based total mixed ration (TMR) on nutrient utilization and rumen ecology of goats. Two experiments were conducted. Experiment 1: Effect of enzyme supplementation in OPF silage based TMR on kinetics of gas production by using rumen fluid from goats, was studied. Four levels of enzyme mixtured produced by *Aspergillus* spp. BCC 274 (0, 2, 4 and 6 g/kg DM of TMR) were tested in a Completely Randomized Design (CRD). The results showed that a soluble gas fraction (a) and rate of gas production (c) of OPF silage based TMR was not significantly different among treatments (P>0.05). The OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 2, 4 and 6 g/kg DM were significantly higher in fermentation of insoluble fraction (b) (86.83, 81.67 and 82.28 ml, respectively, P>0.05) and potential of extent of gas production (d) (94.26, 90.93 and 90.37 ml, respectively, P>0.05) than the OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kg DM (72.48, and 79.79 ml, respectively). In addition, the DOM and ME of OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 2 g/kg DM was higher than the OPF silage based TMR supplemented with enzyme at 0 g/kg DM.

Experiment 2: Effects of enzyme supplementation in OPF silage based TMR on nutrient digestibility and rumen ecology of goats was studied. Four Boer x Thai Native crossbred male goats with an average BW of 32.7±0.5 kg were arranged to receive four dietary treatments in a 4x4 Latin square design. The enzyme mixture produced by *Aspergillus* spp. BCC 274, was

supplemented at 0, 2, 4 and 6 g/kgDM of the TMR. A metabolism trial was conducted for 21 days. The results showed that DMI, OMI, CPI, NDFI and ADFI were not affected by enzyme supplementation. Supplementation of enzyme at 2, 4 and 6 g/kgDM to the TMR significantly increased digestion coefficients of DM, OM and TDN (60.52, 65.32 and 62.26%, respectively) when compared to those of goat receiving TMR supplemented with enzyme at 0 g/kgDM (47.98, 54.81 and 53.14%, respectively). In addition, goat receiving TMR supplemented with enzyme at 2 g/kgDM had higher N balance than goat receiving TMR supplemented with enzyme at 0 g/kgDM. Regarding rumen fermentation parameters, ruminal fluid pH, NH_3-N concentration, total VFA concentration and each VFA concentration, were similar among treatments ($P>0.05$). In addition, overall means of bacteria population, total protozoa and fungi zoospores in the rumen fluid were not affected by the enzyme supplementation ($P>0.05$). Whereas microbial N supply were significantly ($P<0.05$) higher in goats receiving TMR supplemented with enzyme at 2 g/kgDM (5.81 gN/day) than goats receiving TMR supplemented with enzyme at 0 and 4 g/kgDM (4.89 and 4.92 gN/day, $P<0.05$). Therefore, the application of enzyme produced by *Aspergillus* spp. BCC 274 at 2 g/kg DM of OPF silage based TMR could enhance nutrient utilization of goats.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากคณาจารย์และบุคคลหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบพระคุณ รศ .ดร.วันวิศาข์ งามผ่องใส ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ . ดร. ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และ รศ . ดร. ปิ่น จันจุฬา กรรมการที่ ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำในระหว่างการดำเนินงานทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ ผศ . ดร. สุรศักดิ์ คชภักดี ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ. ดร. องอาจ อินทร์สังข์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณอภิชาติ หล่อเพชร นักวิชาการของศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สถานีวิจัยและฝึกภาคสนามคลองหอยโข่ง คณะทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกต่างๆ ในระหว่างการทดลอง ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่และบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถานวิจัยความเป็นเลิศเทคโนโลยีชีวภาพเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติที่สนับสนุนเอนไซม์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาทั้งรุ่นพี่และรุ่นน้องทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง

ขอกราบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องของข้าพเจ้า ที่คอยเอาใจใส่ ดูแล เป็นกำลังใจเสมอมา รวมทั้งสนับสนุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดในระหว่างการศึกษา ความดีแห่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณของข้าพเจ้าทั้งหลายที่ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

เกตวรรณ บุญเทพ

สารบัญ

หน้า

สารบัญ..... (10)
รายการตาราง..... (12)
รายการตารางภาคผนวก..... (14)
รายการภาพประกอบ..... (24)
รายการภาพประกอบภาคผนวก..... (25)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ..... (26)
บทที่ 1
บทนำ..... 1
บทต้นนำเรื่อง..... 1
วัตถุประสงค์..... 3
บทที่ 2
การตรวจเอกสาร..... 4
บทที่ 3
การทดลองที่ 1..... 23
บทนำ..... 23
วัตถุประสงค์..... 24
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง..... 24
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 30
สรุป..... 36
บทที่ 4
การทดลองที่ 2..... 37
บทนำ..... 37
วัตถุประสงค์..... 38
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง..... 38
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 47
สรุป..... 67
บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ..... 68

สรุป…….. 68
ข้อเสนอแนะ……..... 70
เอกสารอ้างอิง……..... 71
ภาคผนวก…….. 82
ก ภาพประกอบการทำทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จ……. 83
ข ภาพประกอบการทดลอง…….. 84
ค ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ…….. 87
ประวัติผู้เขียน…….. 135

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เอนไซม์เซลลูเลสและไซแลนเนส ที่ผลิตขึ้นทางการค้าและมีแอคติวิตี้ย่อยผนังเซลล์พืช.....	5
2	สัดส่วนวัตถุดิบอาหารสัตว์ (บนฐานวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบอาหารผสมสำเร็จ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ…….....	26
3	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาลมน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ.....	30
4	ค่าคงที่ของคุณลักษณะการผลิตแก๊ส พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ.....	34
5	สัดส่วนของวัตถุดิบ (บนฐานวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบอาหารผสมสำเร็จ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ.....	41
6	แผนผังการทดลอง.....	41
7	ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ……..	46
8	องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ.....	47
9	ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ …….....	49
10	ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ …….....	50
11	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ …….....	52
12	ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และโปรตีนรวมที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหา รผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ ……..	54
13	ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ....	56
14	ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเ ข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นยูเรีย -ไนโตรเจนในเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ.....	58

รายการตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ.....	63
16	การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนและปริมาณไนโตรเจนข องจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ …….....	66

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการย่อยสล ายองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ (ค่า a) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…..... 87

2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สรวมทั้งหมด (ค่า b) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 87

3 ผลการวิเคราะห์ความ แปรปรวนของความสามารถของอัตราการผลิตแก๊ส (ค่า c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 88

4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการผลิตแก๊ส (ค่า d) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 88

5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 24 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 88

6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 48 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 89

7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 96 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 89

8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ 89

9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะจูล/กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 90

10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี / กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…. 90

11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 91

12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……. 91

13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมเทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 92

รายการภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่กิ นได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 92

15 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (กรัม /กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 93

16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 93

17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 94

18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 94

19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผนังเซลล์ที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 95

20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 95

21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 96

22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 96

23 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……. 97

24 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 97

25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อย ได้ของไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……. 98

26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก(เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ …….. 98

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 99

28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อย ได้ของลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 99

29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 100

30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 100

31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี / กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ… 101

32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 101

33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 102

34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 102

35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 103

36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 103

37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปร วนของไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ….. 104

38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…… 104

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (กรัม/กิโลกรัมเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 105

40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 105

41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……. 106

42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ (กรัม /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 106

43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 107

44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะต่อปริมาณไนโตรเจนที่กิน (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริ ม เอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 107

45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมดุลไนโตรเจน (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 108

46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมดุลไนโตรเจน (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 108

47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด – ด่างของของ เหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 109

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ของแพะ ที่ได้รับ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…… 109

49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด -ด่างเฉลี่ยของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 110

50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 110

51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิลิตร เดซิลิตร) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 111

52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน เฉลี่ย (มิลลิเมตร/เดซิลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…. 111

53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร)ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่าง……..... 112

54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 112

55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะ ที่ได้รับ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……... 113

56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรด อะซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะ ที่ได้รับ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 113

57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดกรดอะซิ ติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะ ที่ได้รับ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 114

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้ นเฉลี่ยของกรดอะซิติกในของเหลว จากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 114

59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกในของเหลว จากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 115

60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกในของเหลว จากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 115

61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซบิวทีริกในของเหลว จากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 116

62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดกรดไอโซบิวทีริกใน ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังอาหาร) ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 116

63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไอโซบิวทีริกใน ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริม เอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 117

64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้ นของกรดบิวทีริกในของเหลวจาก กระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะอาหารผสม สำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 117

65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดบิวทีริกในของเหลวจาก กระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหาร ผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 118

66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดบิวทีริกในของเหลว จากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอน ไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 118

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 119

68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 119

69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 120

70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 120

71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……. 121

72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 121

73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…… 122

74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 122

75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 123

ตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย -ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 123

77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 124

78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ย ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 124

79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 125

80 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 125

81 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 126

82 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 126

83 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหาผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 127

84 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs เฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 127

85 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 128

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

86 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 128

87 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs เฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 129

88 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัวรวมในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 129

89 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัวรวม ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 130

90 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัวรวมเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 130

91 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 131

92 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 131

93 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมดเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ... 132

94 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 132

95 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน) ขอแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 133

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ **หน้า**

96 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (กิโลกรัม/วัน) ของแพะอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ……..... 133

97 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเ จนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน /วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ…….. 134

98 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน / กิโลกรัมของอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ..... 134

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	กลไกการทำงานของเอนไซม์ที่เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	7
2	ต้นปาล์มน้ำมัน	14
3	ลักษณะของทางใบปาลมน้ำมัน (frond)	15
4	ลักษณะก้านทางใบปาล์มน้ำมัน	16
5	ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอด 96 ชั่วโมงของอาหารผสมสำเร็จ ที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ที่ประเมินจาก $y = a + b\,[1-Exp^{(-ct)}]$	33
6	ระยะการทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง	41

รายการภาพประกอบภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพภาคผนวกที่		หน้า
1	การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมัน	83
2	การสับทางใบปาล์มน้ำมัน	83
3	การหมักทางใบปาล์มน้ำมัน	83
4	การผสมเอนไซม์กับวัตถุดิบอาหารข้น	83
5	อาหารผสมสำเร็จ	83
ภาพภาคผนวก ข		
6	ขวดใส่ตัวอย่าง	84
7	อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส	84
8	การดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมนแพะ	84
9	การกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมนแพะ	84
10	สารละลายน้ำลายเทียมที่มีออกซิเจน	84
11	สารละลายน้ำลายเทียมที่ไร้ออกซิเจน	84
12	สารละลายเทียมผสมของน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมน	85
13	การบ่มตัวอย่าง	85
14	เครื่องชั่งน้ำหนักแพะทดลอง	85
15	อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลอง	85
16	ภาชนะรองรับมูลและปัสสาวะ	85
17	กรงหาการย่อยได้	85
18	การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน	86
19	การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	86
20	การเก็บเลือด	86

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ADF = acid detergent fiber (ลิกโนเซลลูโลส)

ADL = acid detergent lignin (ลิกนิน)

BUN = blood urea nitrogen (ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด)

BW = body weight (น้ำหนักตัว)

$BW^{0.75}$ = metabolic body weight (น้ำหนักเมแทบอลิก)

CF = crude fiber (เยื่อใยรวม)

CP = crude protein (โปรตีนรวม)

CV = coefficient of variation (สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน)

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)

NDF = neutral detergent fiber (ผนังเซลล์)

NFE = nitrogen free extract (ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก)

NSC = non structural carbohydrate (คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง)

OM = organic matter (อินทรียวัตถุ)

SEM = standard error of the mean (ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย)

TDN = total digestible nutrient (โภชนะที่ย่อยได้รวม)

TMR = total mixed ration (อาหารผสมสำเร็จ)

VFA = volatile fatty acid (กรดไขมันที่ระเหยง่าย)

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

จากสภาวะการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรโลกอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการผลผลิตเนื้อและนมจากสัตว์เพิ่มสูงขึ้น จึงได้มีการใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตของสัตว์ การใช้เอนไซม์เสริมในอาหารสัตว์เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะของสัตว์และสมรรถภาพการให้ผลผลิตของสัตว์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเอนไซม์จะช่วยย่อยโภชนะและสารขัดขวางการ ใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (anti nutritional substance) ที่มีในวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Brenes et al., 1993) ซึ่งการเสริมเอนไซม์นิยมใช้ในระบบการให้อาหารสัตว์ปีกและอาหารสุกร สำหรับการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาหารหยาบจัดเป็นอาหารหลักที่สำคัญ โดยเป็นอาหารที่มีสัดส่วนข องเยื่อใย (dietary fiber) สูง ซึ่งเยื่อใยพบในส่วนของผนังเซลล์พืช (plant cell wall) เป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยสารจำพวกโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) และลิกนิน (lignin) สารเยื่อใยที่พบในปริมาณสูงในอาหารประกอบด้วย เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hecellulose) และแพคติน (pectins) ในขณะที่ลิกนินพบเป็นส่วนน้อย โพลีแซคคาไรด์เหล่านี้จะถูกหมักย่อยโดยเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (fibrolytic enzyme) ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยเอนไซม์ย่อยเยื่อใย เช่น เซลลูเลส (cellulase) จะทำให้พันธะของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสคลายออกเป็นโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) และโมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) จากนั้นจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะเข้าทำการหมั กและทำให้เกิดกรดไขมันที่ระเหย ง่าย (volatile fatty acid, VFA) และแก๊ส (gas) ต่อไป (วิศิษฐิพร , 2545 อ้างโดย สุปรีณา และปราโมทย์ , 2549) ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (fibrolytic enzyme) ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง จึงอาจช่วยเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารและปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องที่จัดเป็นสัตว์เศรษฐกิจของภาคใต้ตอนล่าง ที่รัฐบาลได้พยายามส่งเสริมให้เกษตรกรเลี้ยง เนื่องจากมีประชากรที่นับถือศาสนาอิสลามอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก จึงมีความต้องการแพะเพื่อใช้บริโภค ใช้ในการประกอบศาสนกิจ หรือใช้ในงานประเพณีต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม แพะที่ผลิตได้ในท้องถิ่นมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการ ต้องนำเข้าจากภูมิภาคอื่นของประเทศ ประกอบกับประเทศเพื่อนบ้านมีความต้องการแพะจากประเทศไทย ดังนั้นหากได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจัง การเลี้ยงแพะจะเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพเสริมหรืออาชีพหลักได้ ทั้งนี้การเลี้ยงแพะให้ประสบผลสำเร็จจะต้องมีปัจจัยพื้นฐานที่ดี ได้แก่

อาหารที่มีคุณภาพ แพะพันธุ์ดี ควบคู่กับการจัดการที่ดี ประกอบกับผลจากนโยบายการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) ของรัฐบาลเพื่อผลิตพลังงานทดแทน โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งมีการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี ควบคู่กับการเพิ่มจำนวนขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ทำให้มีผลพลอยได้จากการปลูกปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มจำนวนมากที่สามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะทางใบปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวทลายปาล์มน้ำมัน ที่สามารถนำมาสับย่อยและนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ทั้งในสภาพสดสับและสภาพหมัก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับวัตถุดิบอาหารข้น และส่วนผสมอื่นๆ ในรูปของอาหารผสมสำเร็จ โดยในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคเนื้อสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบได้ 50% (คิดเป็นวัตถุแห้ง) ส่วนในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมและแพะสามารถใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบได้ 30% (คิดเป็นวัตถุแห้ง) (Abu Hassan, 1994)

จากเทคโนโลยีการใช้เอนไซม์เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารและสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ ประกอบกับเทคโนโลยีด้านเอนไซม์ที่พัฒนาขึ้นในประเทศ จึงเกิดแนวคิดในการนำเอนไซม์ที่ผลิตขึ้นในประเทศมาใช้เสริมในอาหารแพะ โดยเฉพาะอาหารที่ใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรในพื้นที่ การวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงแพะ เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรในพื้นที่ และเพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อเลี้ยงแพะของเกษตรกรในภาคใต้ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณผลผลิตแก๊ส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

2. เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

3. เพื่อศึกษากระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

เอนไซม์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

เอนไซม์ คือ สารประกอบอินทรีย์จำพวกโปรตีนที่มีโครงสร้างซับซ้อน ทำหน้าที่แตกต่างจากโปรตีนโดยทั่วไป คือ มีความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาวะภายในเซลล์ และเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตทั่วไป เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารที่ทำปฏิกิริยาซึ่งเรียกว่า ซับ-สเตรต (substrate) โดยเอนไซม์จะเกาะกับซับสเตรตที่ตำแหน่งจำเพาะ ได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน (enzyme- substrate complex) แล้วจึงเร่งปฏิกิริยาการย่อยให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมา (ประสงค์ และคณะ, 2526)

เอนไซม์ที่ใช้ในอาหารสัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Endogenous enzyme หมายถึง เอนไซม์ที่ปรากฏอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์โดยธรรมชาติ และมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปได้ทั้งในลักษณะที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและไม่ต้องการ

2. Exogenous enzyme หมายถึง เอนไซม์ที่เติมลงไปในอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะต่างๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ทั้งที่ไม่สามารถย่อยและนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้เอนไซม์ที่เติมลงไปในอาหารสัตว์ยังช่วยย่อยพันธะเฉพาะ (specific bond) ในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ทำให้สัตว์ได้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อตัวสัตว์ รวมทั้งย่อยสลายสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ของอาหาร ทำให้เพิ่มคุณค่าทางโภชนะในวัตถุดิบที่มีคุณภาพต่ำ ซึ่งในวัตถุดิบอาหารสัตว์มีสารยับยั้งการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารแตกต่างกัน (ชรินทร์, 2539)

เอนไซม์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักของจุลินทรีย์ เริ่มจากการเพาะเลี้ยงเชื้อของจุลินทรีย์แล้วนำมาขยายให้มากขึ้น เมื่อกระบวนการสมบูรณ์จะแยกเอนไซม์ออกจากอาหารหมักเลี้ยงเชื้อ ได้เป็นเอนไซม์ที่ช่วยในการย่อยออกมา ส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ประเภทย่อยสลายเยื่อใย (fibrolytic enzyme) เช่น เซลลูเลส (cellulase) และ ไซแลนเนส (xylanase) ซึ่งชนิดและการทำงานของเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์และซับสเตรตที่ใช้ เอนไซม์ที่ผลิตเพื่อใช้ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่จะได้มาจากการเพาะเลี้ยง

เชื้อรา *Trichoderma longbranchiatum, Aspergillus nigers, Aspergillus oryzae* และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. (Pendleton, 2000) เอนไซม์ที่ผลิตได้ ได้แก่ เอนโดกลูคาเนส (endoglucanase) เอกโซกลูคาเนส (exoglucanase) ไซแลนเนส (xylanase) และ อะไมเลส (amylase) (Colombatto et al., 2003) โดยทั่วไปแล้ว การใช้เอนไซม์ที่ย่อยเยื่อใยจะเป็นการเสริมในอาหารสัตว์โดยตรง (direct feed) โดยวิธีการฉีดพ่น (spray) หรือผสม (mixed) ทั้งในอาหารหยาบ อาหารข้น อาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration, TMR) หรือใช้ในหญ้าหมัก (silage) (Feng et al., 1996) เอนไซม์บางชนิดที่ผลิตขึ้นทางการค้าและมีแอคติวิตี้ ย่อยผนังเซลล์ของพืช แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เอนไซม์เซลลูเลสและไซแลนเนส ที่ผลิตขึ้นทางการค้าและมีแอคติวิตี้ย่อยผนังเซลล์ของพืช

EC Number[1]	Official Name[2, 3]	Alternative Name (S) [3]
Cellulases		
3.2.1.4	Cellulase	Endoglucanase : Endo – 1, 4 – beta – glucanase ; Carboxymethyl cellulase
3.2.1.6	Endo-1,3(4)-beta-glucanase	Endo-1,4-beta-glucanase ; Endo-1,3-beta-glucanase ; Laminarinase
3.2.1.21	Beta-glucosidase	Gentobiase; Cellobiase ; Amygdalase
3.2.1.39	Glucan endo-1,3-beta-D-glucosidase	Endo-1,3-beta-glucanase; Laminarinase
3.2.1.58	Glucan 1,3-beta-glucosidase	Exo-1,3-beta-glucanase
3.2.1.73	Licheninase	Lichenase; Beta-glucanase; Endo 1,3 beta-1,4- glucanase

ตารางที่ 1 เอนไซม์เซลลูเลสและไซแลนเนส ที่ผลิตขึ้นทางการค้าและมีแอคติวิตี้ย่อยผนังเซลล์ของพืช (ต่อ)

EC Number[1]	Official Name[2, 3]	Alternative Name (S) [3]
3.2.1.74	1,4-beta-glucosidase	Cellobiase; Exo-1,4-beta-glucosidase
3.2.1.91	Cellulose 1,4-beta-cellobiosidae	Exoglucanase; Exocellobiohydrolase:
1,4		beta-cellobiohydrolase
Others		
3.1.1.1	Carboxylesterase	Cinnamoylesterase, feruloylesterase
3.1.1.6	Acetylesterase	Rhamnogalacturonan acetylesterase,
		Pectin aceylesterase
3.1.1.1.1	Pectinesterase	Pectin methylesterasees; Pectin
		demethoxylase; Pectin methyloxylase
3.11.72	Acetylxylan esterase	
3.2.1.15	Polygalacturonase	Pectin depolymerase; Pectinase
3.2.1.126	Coniferin beta-glucosidase	aryl beta-glycosidase
4.2.2.10	Pectin lyase	

[1]Enzyme Commisssion Number

[2]Nomenclature Committee of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB)

[3]from the ExPASy Molecular Biology Server, Swiss Institute of Bioinformatic (http://www.expasy.ch/).

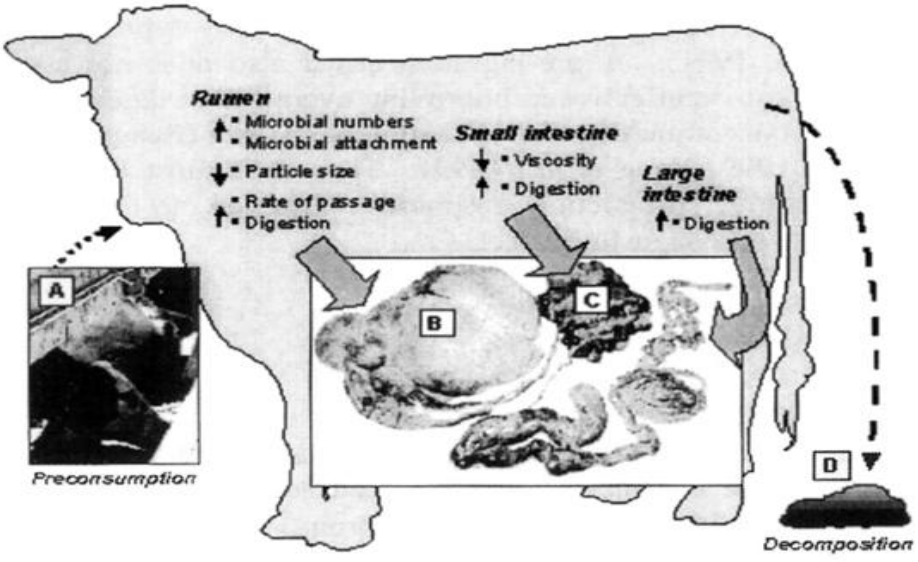
ที่มา : Rode และคณะ (2001)

งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้เอนไซม์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง มุ่งเน้นเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายเยื่อใย โดยเฉพาะเอนไซม์เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลส ซึ่งสามารถย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบหลักของโพลีแซคคาไรด์ในพืชให้ได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งเอนไซม์ที่ผลิตในทางการค้า ส่วนใหญ่จะเป็นเอนไซม์ผสม (mixed enzyme) ที่มีสัดส่วนและประสิทธิภาพของเอนไซม์เซลลูเลส และเฮมิเซลลูเลส ที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีเอนไซม์ชนิดอื่นร่วมอยู่ด้วย เช่น อะไมเลส (amylase) โปรติเอส (protease) และเพคติเนส (pectinase) เป็นต้น ทั้งนี้กระบวนการย่อยสลายเซลลูโลสมีขั้นตอนที่ซับซ้อน โดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลส และเอนไซม์ชนิด

อื่นๆอีกหลายชนิดที่มีแอคติวิตี้ของเอนไซม์เซลลูเลส เช่น เอนโดเซลลูเลส (endocellulase) ซึ่งมีชื่ออื่น คือ เอนโดกลูคาเนส (endoglucanase) เอนโด – เบต้า – 1,4- กลูคาเนส (endo - β - 1,4-glucanase) คาร์บอกซีเมทธิลเซลลูเลส (carboxymethylcellulase) หรือ เบต้า – 1,4 - กลูแคน กลูคาโนไฮโดรเลส (β-1,4 – glucan- glucanohydrolase) เอกโซเซลลูเลส (exocellulase) เอกโซกลูคาเนส (exoglucanase) เอกโซ – เบต้า – 1,4 – กลูคาเนส (exo - β - 1,4 – glucanase) เซลลูโลส เบต้า – 1,4 – เซลโลไบโอซิเดส)(cellulose β - 1,4 – cellobiosidase) และ เบต้า – กลูโคซิเดส (β-glucosidase) เซลโลไบเอส (cellobiase) หรือ กลูโคไฮโดรเลส (glucohydrolase)) ส่วนเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยไซแลนที่เป็นส่วนประกอบของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว คือ เอนไซม์ไซแลนเนส และ เบต้า – 1,4- ไซโลซิเดส (β - 1,4- xylosidase) ไซแลนเนส ประกอบด้วย เอนโดไซแลนเนส (endoxylanases) ซึ่งย่อยไซแลน และได้ ไซโลส (xylose) ในที่สุด ส่วนเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส เช่น เบต้า – แมนโนซิเดส (β - mannosidase)อัลฟา – แอล – อาราบิโนฟูราโนซิเดส (α - L-arabinofuranosidase) อะเซติล ไซแลน เอสเตอเรส (acetyl xylan esterases) และ เฟอรูลิก แอซิด เอสเตอเรส (ferulic acid esterase) (Bhat and Hazlewood, 2001 อ้างโดย Beauchemin et al., 2003)

บทบาทของเอนไซม์ที่ใช้เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

McAllister และคณะ (1999) กล่าวว่า กลไกที่เอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีผลต่อการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของอาหารนั้น อาจเกิดขึ้นได้หลายๆ กลไก (ภาพที่ 1) ดังนี้



ภาพที่ 1 กลไกการทำงานของเอนไซม์ที่เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ที่มา: McAllister และคณะ (1999)

1. เอนไซม์อาจมีผลต่อการย่อยหรือทำให้พันธะเฉพาะในวัตถุดิบอาหารสัตว์อ่อนตัวลง ซึ่งทำให้การหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ

2. เอนไซม์อาจมีผลโดยตรงต่อการย่อยโภชนะในกระเพาะรูเมน หรืออาจมีผลส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมน เช่น กระตุ้นให้แบคทีเรียเข้าจับกับอนุภาคของอาหารได้ง่ายขึ้น และกระตุ้นการเพิ่มจำนวนประชากรจุลินทรีย์ รวมทั้งปรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกระเพาะรูเมน เป็นต้น

3. เอนไซม์อาจมีผลต่อการย่อยและการดูดซึมโภชนะในทางเดินอาหารส่วนล่าง เช่น ลดความหนืดของอาหารที่ไหลผ่านไปในทางเดินอาหารส่วนล่าง และช่วยในการย่อยโภชนะที่ไม่ถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมน (by pass nutrient)

4. เอนไซม์อาจมีผลต่อการเพิ่มอัตราการสลายของอาหารในอุจจาระ

ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

การเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เริ่มมีการศึกษาครั้งแรก เมื่อประมาณปี ค .ศ. 1960 อย่างไรก็ตาม เอนไซม์ที่ผลิตขึ้นในช่วงแรกมีคุณสมบัติไม่แน่นอนและผลตอบสนองของสัตว์มีหลากหลายต่อมาได้มีการทดลองเสริมเอนไซม์ในอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องมากขึ้น เนื่องจากอาหารสัตว์มีราคาสูงขึ้นในขณะที่ต้นทุนการผลิตเอนไซม์ต่ำลง รวมทั้งกระบวนการผลิตเอนไซม์ที่พัฒนาขึ้น โดยเฉพาะการใช้เอนไซม์ผสมที่มีส่วนประกอบของเซลลูเลส และไซแลนเนส การศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ในโคเนื้อที่กำลังเจริญเติบโตที่ได้รับอาหารหยาบระดับสูง ในหลายๆ การศึกษา พบว่า ช่วยทำให้การย่อยได้ของเยื่อใยสูงขึ้น แต่ผลที่มีต่อการปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสัตว์นั้น ขึ้นอยู่กับสรีระวิทยาของสัตว์ ชนิดของอาหารที่ใช้ ชนิดและระดับข องเอนไซม์ที่ใช้ เป็นต้น

สำหรับการศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง Yang และคณะ (1999) รายงานว่า โคนมที่ได้รับอาหารข้นเสริมเอนไซม์ผสมระหว่างเอนไซม์ไซแลนเนสและเอนโดเซลลูเลส มีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุและผนังเซลล์ในกระเพาะรูเมนและตลอดทางเดินอาหารสูงขึ้น โดยการใช้เอนไซม์ในระดับสูง ส่งผลต่อการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะ

รูเมน สอดคล้องกับ Beauchemin และคณะ (1999) ซึ่งใช้เอนไซม์ชนิดเดียวกันในอาหารผสมสำเร็จในโคนม และพบว่า ส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหารสูงขึ้น และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากผลการเสริมเอนไซม์มีหลายๆ ปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของชนิดของเอนไซม์ ระดับของเอนไซม์ ชนิดของอาหารและชนิดของสัตว์ Beauchemin และคณะ (2000) จึงได้ทำการศึกษา ผลของระดับเอนไซม์ผสมระหว่าง เบต้า- กลูคาเนส ไซแลนเนส และเอนโดเซลลูเลส ในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีผลต่อการกินได้ การย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน โดยใช้เอนไซม์ Natugrain 33-L (BASF Corp., Ludwigshafen, Germany) ผสมในอาหารระดับ 0, 1.22 และ 3.67 ลิตรต่อตันวัตถุแห้ง พบว่า การเสริมเอนไซม์ 1.22 และ 3.67 ลิตรต่อตันวัตถุแห้ง ส่งผลให้โคมีปริมาณวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่กินได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยวัตถุแห้งที่กินได้เพิ่มขึ้น 7.5 และ 5.2% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริมในอาหาร ส่วนการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเสริมเอนไซม์ในอาหาร อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของปริมาณอาหารที่กินได้ ไม่ได้เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมน โดยส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ส่วนที่มีศักยภาพในการสลาย (b) และ ค่าคงที่ของอัตราการสลาย (c) ของวัตถุแห้ง ของอาหารทั้ง 3 ทรีทเมนต์ในกระเพาะรูเมนไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการย่อยได้ของโภชนะ พบว่า การเสริมเอนไซม์มีผลต่อการย่อยได้ ของโภชนะตลอดทางเดินอาหาร โดยการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 1.22 ลิตรต่อตัน ในขณะที่การเสริมเอนไซม์ในระดับที่สูงขึ้น ไม่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของโคแตกต่างจากโค ที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริมในอาหาร ส่วนการย่อยได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส มีแนวโน้มเช่นเดียวกับการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ สำหรับปริมาณวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ที่โคได้รับ พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเสริมเอนไซม์ในอาหาร ทั้งนี้ปริมาณวัตถุ แห้งย่อยได้ที่โคได้รับสูงสุดเมื่อเสริมเอนไซม์ 1.22 ลิตรต่อตัน สอดคล้องกับการศึกษา Beauchemin และคณะ (1995) ซึ่งศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (Pro-Mote, Biovance Technol Inc., Omaha, NE) 2 ระดับในโคเพศผู้ตอนที่ได้รับหญ้าอัลฟัลฟ่าอัดฟ่อนและพบว่า การเสริม เอนไซม์ในระดับต่ำ ส่งผลให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันและการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าการเสริมเอนไซม์ในระดับสูง ซึ่ง Morgan และคณะ (2000) อ้างโดย Beauchemin และคณะ (2000) กล่าวว่า เอนไซม์ในระดับต่ำอาจช่วยให้การย่อยได้ของเยื่อใยสูงขึ้น โดยไปมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาคอาหาร รวมทั้งอาจไปมีผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ในขณะที่ระดับเอนไซม์ที่สูงเกินไป

อาจไปแย่งพื้นที่บนอนุภาคอาหาร ทำให้แบคทีเรียในกระเพาะรูเมนไม่สามารถเข้ายึดเกาะและย่อยอาหาร กล่าวคือ เอนไซม์ไปมีผลลดการทำงานของแบคทีเรียในกระเพาะรูเมน

สำหรับกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะรูเมน Beauchemin และคณะ (2000) พบว่า ระดับของเอนไซม์ไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด- ด่างของของเหลวภายในกระเพาะรูเมน นอกจากนี้ การเสริมเอนไซม์ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด สัดส่วนของกรดโพรพิออนิกและกรดบิวทีริก ในขณะที่สัดส่วนของกรดแอซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์ 1.22 ลิตรต่อตัน สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารไม่เสริมเอนไซม์ (P=0.07) ซึ่งสอดคล้องกับการย่อยได้ของวัตถุแห้งตลอดทางเดินอาหารที่สูงขึ้นเมื่อเสริมเอนไซม์ 1.22 ลิตรต่อตัน สำหรับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนก่อนให้อาหารมีค่าสูงกว่าหลังให้อาหาร แสดงให้เห็นถึงความไม่สมดุลของแหล่งพลังงานและโปรตีนที่โคได้รับจากอาหาร ซึ่งการเสริมเอนไซม์ทั้ง 2 ระดับในอาหาร มีผลทำให้ค วามเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนก่อนให้อาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.06) นอกจากนี้การเสริมเอนไซม์ 1.22 ลิตรต่อตัน ยังส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย- ไนโตรเจนหลังให้อาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.07) เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับอาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ และโคที่ได้รับอาหารเสริมเอนไซม์ 3.67 ลิตรต่อตัน แสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เสริมมีผลทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้า (slowly fermentable carbohydrate) ในกระเพาะรูเมนเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับสัดส่วนของกรดแอซิติก และการย่อยได้ของวัตถุแห้งที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น ผลจากการศึกษาของ Beauchemin และคณะ (2000) อาจกล่าวได้ว่า การเสริมเอนไซม์ผสมของเบต้า-กลูคาเนส ไซแลนเนส และเอนโดเซลลูเลส ในอาหารสำหรับโคนม ส่งผลให้โคได้รับโภชนะที่ย่อยได้สูงขึ้น โดยการเสริมเอนไซม์ในระดับต่ำ (1.22 ลิตรต่อตัน) ช่วยทำให้การกินได้และการย่อยได้ของโภชนะสูงขึ้น ในขณะที่การเสริมเอนไซม์ในระดับสูง (3.67 ลิตรต่อตัน) ส่งผลให้โคกินอาหารได้มากขึ้น แต่ไม่ช่วยให้การย่อยได้ของโภชนะสูงขึ้น

Giraldo และคณะ (2008) ได้ทำการศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมนของแกะที่ได้รับอาหารผสมสำ เร็จที่ประกอบด้วยหญ้าแห้งและอาหารข้นในอัตราส่วน 70:30 บนฐานวัตถุแห้ง โดยใช้เอนไซม์ผสมทางการค้าที่ประกอบด้วย เอนโดกลูคาเนส และอะไมเลส ซึ่งเกิดจากการเพาะเลี้ยงเชื้อรา *Trichoderma longbranchiatum, Aspergillus niger, Aspergillus oryzae* โดยเสริมเอนไซม์ในกระเพาะรูเมนของแกะโดยตรงในระดับ 12 กรัมต่อวัน เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริม ทำการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของหญ้าแห้งในกระเพาะรูเมนของแกะทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้เทคนิคถุงไนล่อน รวมทั้งศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวแกะ กระบวนการ

หมักในกระเพาะรูเมน และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ พบว่า การเสริมเอนไซม์ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่แกะกินได้ และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Pinos - Rodriguez และคณะ (2002) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ชนิดเดียวกันในระดับ 5 กรัมต่อวัน ในลูกแกะและพบว่า การเสริมเอนไซม์ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ อย่างไรก็ตาม การเสริมเอนไซม์ในกระเพาะรูเมนของแกะมีแนวโน้มทำให้จำนวนประชากรแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลส (cellulolytic bacteria) เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อจำนวนประชากรของแบคทีเรียทั้งหมด ทั้งนี้ผลของการเสริมเอนไซม์ในสัตว์เคี้ยวเอื้ องต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์ได้มีรายงานการศึกษาโดย Nsereko และคณะ (2002) รายงานว่า การให้อาหารโคนมร่วมกับเอนไซม์ที่ผลิตจาก *Trichoderma longbranchiatum, Aspergillus niger, Aspergillus oryzae* ส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียที่ย่อยเฮมิเซลลูโลส หรือผลผลิตจากการย่อยเซ ลลูโลสสูงขึ้น นอกจากนั้นการศึกษาในกระเพาะรูเมนเทียม (Rusitec fermenters) โดยใช้ซับเสตรตที่ประกอบด้วยอาหารหยาบในปริมาณสูง หมักร่วมกับเอนไซม์เซลลูเลสที่ผลิตจาก *Trichoderma longbranchiatum* พบว่าส่งผลให้จำนวนแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลสเพิ่มสูงขึ้น

สำหรับการศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคนม Yang และคณะ (1999) รายงานว่า โคนมที่ได้รับอาหารข้นเสริมเอนไซม์ผสมระหว่างเอนไซม์ไซแลนเนสและเอนโดเซลลูเลส มีการย่อยได้ของอิ นทรียวัตถุและผนังเซลล์ในกระเพาะรูเมนและตลอดทางเดิ นอาหารสูงขึ้น โดยการใช้เอนไซม์ในระดับสูง ส่งผลต่อการเพิ่มของจำนวนจุลินทรีย์และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ Beauchemin และคณะ (1999) ซึ่งใช้เอนไซม์ชนิดเดียวกันในอาหารผสมสำเร็จในโคนม และพบว่า ส่งผลให้การย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหาร และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์สูงขึ้น สำหรับการเสริมเอนไซม์ในอาหารโคขุน Krause และคณะ (1998) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ไซแลนเนสบี (xylananse B) ในอาหารโคขุน ส่งผลให้การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) เพิ่มขึ้น 28 เปอร์เซ็นต์

สำหรับงานวิจัยการใช้เอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด โดยจิตราภรณ์ และฉลอง (2553) ซึ่งศึกษาผลของระดับความชื้นและเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60 ต่อการย่อยได้และจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส จัดทรีทเมนต์การทดลองแบบ 2x2x4 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ปัจจัย A คือ ชนิดของเอนไซม์ โดยใช้เอนไซม์ 2 ชนิด คือ เอนไซม์ A ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Trichoderma* spp. ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส

$6.1x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม และเอนไซม์กลูคาเนส $3.5x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม ส่วนเอนไซม์ B ได้จากเชื้อ *Bacillus lentus* และ *Trichoderma longibranchiatum* มีเอนไซม์ไซแลนเนส $440x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม และเอนไซม์กลูคาเนส $170x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม ปัจจัย B คือ ระดับความชื้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จ 13 และ 30 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย C คือ ระดับเอนไซม์ 0, 175, 350 และ 500 กรัมต่อตันอาหาร พบว่า ชนิดของเอนไซม์และระดับความชื้นในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ไม่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส แต่ระดับเอนไซม์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้การผลิตแก๊สลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยระดับเอนไซม์ที่ 175 กรัมต่อตัน มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น และทำให้การผลิตแก๊สมีเทนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริมเอนไซม์ นอกจากนี้ สิรินทร์เนตร และฉลอง (2553) ศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่ อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นแตกต่างกัน ต่อการย่อยได้และจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส โดยใช้เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Trichoderma* spp. ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส $6.1x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม 4 ระดับ คือ 0, 175, 350 และ 500 กรัมต่อตันอาหาร และสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30:70, 40:60, 50:50 และ 60:40 โดยจัดทรีทเมนต์การทดลองแบบ 4x4 แฟคทอเรียล ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ พบว่า สัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น 30:70 ส่งผลให้ผลผลิตแก๊สสะสม จล นพลศาสตร์การผ ลิตแก๊ส และการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงสุด และการใช้เอนไซม์ทุกระดับในสูตรอาหารผสมสำเร็จ มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงขึ้น

มินตรา และคณะ (2553) ศึกษาผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ต้นมันสำปะหลังหรือฟางแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณอาหารที่กินได้และผลผลิตน้ำนมในโคนม โดยใช้ เอนไซม์ที่ได้จากเชื้อ *Bacillus lentus* และ *Trichoderma longibranchiatum* ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส $440x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม และเอนไซม์กลูคาเนส $170x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม ในระดับ 200 กรัมต่อตันอาหาร พบว่าการเสริมเอนไซม์ สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ไขมันนมแต่ไม่มี ผลต่อปริมาณอาหารที่โคกิน ผลผลิตและองค์ประกอบอื่นๆ ของน้ำนม นอกจากนี้สิรินทร์เนตร และคณะ (2554) ซึ่งศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จ ที่มีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบและมีสัดส่วนระหว่างอาหารหยาบต่ออาหารข้ น 40:60 ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตน้ำนมในโคให้นม โดยใช้ เอนไซม์ที่ใช้ได้จากเชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Trichoderma* spp. ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส $6.1x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม 4 ระดับ คือ 0, 175, 350 และ 525 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัม ตามลำดับ จัดทรีทเมนต์ก ารทดลองแบบจัตุรัสลาติน (Latin square design) พบว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้

ของวัตถุแห้ง และปริมาณโภชนะที่โคได้รับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง (linear, P<0.05) เมื่อเพิ่มระดับของเอนไซม์ในสูตรอาหารผสมสำเร็จ

จิตราภรณ์ และคณะ (2554) ทำการศึกษาผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจาก 2 แหล่ง ในอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60 ต่อปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน โดยใช้เอนไซม์ A ที่ได้จาก เชื้อ *Aspergillus* spp. และ *Trichoderma* spp. ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส $6.1x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม และเอนไซม์กลู-คาเนส $3.5x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม และ เอนไซม์ B ที่ได้จากเชื้อ *Bacillus lentus* และ *Trichoderma longibrachiatum* ซึ่งมีเอนไซม์ไซแลนเนส $440x10^6$ ยูนิตต่อกิโลก รัม และเอนไซม์กลูคาเนส $170x10^6$ ยูนิตต่อกิโลกรัม วางแผนการทดลองแบบจัตุรัสลาติน ประกอบด้วยสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่เสริมเอนไซม์ สูตรอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย A ที่อัตรา 350 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัม สูตรอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย B ที่อัตรา 350 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัม และสูตรอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย A ที่อัตรา 175 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัม ร่วมกับเอนไซม์ย่อยเยื่อใย B ที่อัตรา 175 กรัมต่อ 1,000 กิโลกรัม ผลการศึกษา พบว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจาก 2 แหล่งในสูตรอาหารผสมสำเร็จไม่ ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง ปริมาณการกินได้ของโภชนะ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะโดยใช้เถ้าที่ไม่ละลายในกรด รวมทั้งความเป็นกรด-ด่างของของเหลวและปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

โดยสรุปการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีผลทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะของสัตว์เป็นไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น แต่จากการศึกษาพบว่า ยังมีความแปรปรวนเนื่องจากการเสริมเอนไซม์จะต้องเสริมในสภาวะที่เหมาะสมกับการทำงานข องเอนไซม์ ชนิดและอายุของสัตว์ ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อัตราส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบ รูปแบบชนิดและวิธีการเสริมเอนไซม์ รวมทั้งระดับของเอนไซม์ที่ใช้ ทั้งนี้การเสริมเอนไซม์ในระดับสูง ไม่ได้เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารและการย่อยได้ของโภช นะ กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน และการให้ผลผลิตดีขึ้น ในทางกลับกันระดับเอนไซม์ที่สูงเกินไปอาจไปมีผลต่อการหมักย่ออาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ลำต้นเดี่ยว สูงประมาณ 15-20 เมตร ไม่แตกกิ่งแขนง เจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น และจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (ธีระ และคณะ , 2548) ลำต้นของปาล์มมีลักษณะเป็นต้นเดี่ยวรูปร่างทรงกระบอก มีเนื้อเยื่อเจริญเฉพาะตรงปลายยอด ลำต้นอาจสูงถึง 20-30 เมตร (ภาพที่ 2) ในช่วงปี พ .ศ. 2551-2555 ที่ผ่านมา การผลิตปาล์มน้ำมันของประเทศไทยอยู่ในเกณฑ์ค่อยๆ เพิ่มขึ้น โดยในปี พ .ศ. 2551 มีพื้นที่ที่ให้ผลผลิต 2.81 ล้านไร่ และเพิ่มขึ้นเป็น 3.68 ล้านไร่ในปี พ .ศ. 2555 (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2556) พื้นที่ส่วนใหญ่ 88 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในภาคใต้ จังหวัดที่ปลูกมาก คือ จังหวัดกระบี่ สุราษฎร์ธานี ชุมพร รองลงมาคือ ภาคตะวันออก และภาคกลาง 11 เปอร์เซ็นต์ ส่วนภาคอื่นๆ 1 เปอร์เซ็นต์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2553)

ภาพที่ 2 ต้นปาล์มน้ำมัน
ภาพโดย เกตวรรณ บุญเทพ (2556)

การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมันในช่วงระยะ 3 ปีแรก จะมีการเจริญเติบโตทางด้านข้างก่อนคือ จะมีการสร้างทางใบใหม่ (frond) ขึ้นเรื่อยๆ ทางใบของปาล์มน้ำมันมีลักษณะคล้ายกับทางใบของมะพร้าว เป็นรูปขนนก (pinnate) ในแต่ละทางใบจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแกนกลาง (rachis) ที่มีใบย่อย (leaflets) อยู่ 2 ข้าง (ภาพที่ 3) และส่วนก้าน ทางใบ (petiole หรือ

leaf base) ซึ่งมีขนาดสั้นกว่าส่วนแรก และมีหนามสั้นๆอยู่ 2 ข้าง (ภาพที่ 4) แต่ละทางมีใบย่อย 100-160 คู่ ในแต่ละใบย่อยยาว 100-120 เซนติเมตร กว้าง 4-6 เซนติเมตร การสร้างทางใบตามปกติของปาล์มน้ำมันจะมีอยู่ประมาณ 20-39 ทางใบต่อต้นต่อปี (ศักดิ์ศิลป์ และวินาภรณ์, 2545)

ภาพที่ 3 ลักษณะทางใบของปาล์มน้ำมัน (frond)

ภาพโดย เกตวรรณ บุญเทพ (2556)

ภาพที่ 4 ลักษณะก้านทางใบปาล์มน้ำมัน
ภาพโดย เกตวรรณ บุญเทพ (2556)

ต้นปาล์มน้ำมันสามารถสร้างทางใบโดยเฉลี่ยประมาณปีละ 20-39 ทาง มีทางใบเหลือบนต้นประมาณ 35 – 50 ทาง ใบที่แก่จะแห้งหรือหลุดไปจากต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของต้นปาล์ม ต้นปาล์มที่อายุน้อยจะมีจำนวนทางใบเหลือมาก ต้นปาล์มอายุมากจะมีจำนวนทางใบเหลือน้อย ในทางทฤษฎีต้องการตัดทางใบออกให้น้อยที่สุด หรือให้เหลือทางใบบนต้นมากที่สุด เพื่อช่วยในการสังเคราะห์อาหาร แม้พบว่าการตัดทางใบออกเป็นจำนวนมาก จะทำให้พืชสร้างช่อดอกเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางปฏิบัติมักตัดทางใบให้เหลือรองรับทะลายปาล์มเพียง 2 ทาง ซึ่งนิยมทำในขณะเก็บเกี่ยว ถ้าปล่อยให้ทางใบเหลือบนต้นมากเกินไป จะทำให้เก็บเกี่ยวไม่สะดวก (ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี, 2532) ซึ่งในการจัดการ สวนปาล์มน้ำมัน เกษตรกรจะเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มทุกๆ 15 วัน และต้องตัดทางใบทุกครั้งที่มีการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์ม ดังนั้นในแต่ละเดือนจะมีการตัดทางใบออกอย่างน้อย 2 ทางใบต่อต้น หรือคิดเป็น 44 ทางใบต่อไร่ เมื่อใช้อัตราการปลูก 22 ต้นต่อไร่ ซึ่งทางใบปาล์มที่ต้องตัดทิ้งคิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของผลพลอยได้จากต้นปาล์ม (Mohd Sukri, 2003; Eng et al., 2005) และจำนวนทางปาล์มน้ำมันนั้นจะแปรผันไปตามอายุของปาล์มด้วย สำหรับในประเทศมาเลเซีย Wan Zahari และ Alimon (2004) รายงานว่า ผลผลิตในรูปวัตถุแห้ง ของทางใบ

ปาล์มน้ำมันที่เหลือจากการตกแต่งต้นปาล์มทั้งหมดมีประมาณ 36 ล้านตันต่อปี ทางใบปาล์มน้ำมันที่ถูกตัดทิ้งส่วนใหญ่จะถูกนำมากองไว้ในร่องสวนเพื่อกันการระเหยของน้ำในดิน หรือถูกวางทิ้งไว้ในสวนปาล์มและปล่อยให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายจนผุพังและกลายเป็นปุ๋ย ซึ่งใ ช้เวลานานกว่า 6 เดือน

องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะของทางใบปาล์มน้ำมัน

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันประกอบด้วยอินทรียวัตถุ (organic matter) 94.7 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม (crude protein) 4.2-6.3 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม (crude fiber) 44.8 เปอร์เ ซ็นต์ ผนังเซลล์ (cell wall) 67.6-69.5 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) 45.5 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (lignin) 26.6 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) 4.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัม (Ishida and Abu Hassan, 1997; Khamseekhiew et al., 2002; Wan Zahari and Alimon, 2004) เนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีระดับของเยื่อใยรวมสูงกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ทางใบปาล์มน้ำมันจึงมีศักยภาพสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ อย่างไรก็ตาม ทางใบปาล์มน้ำมันสดมีโภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient) 35.1 เปอร์เซ็นต์ (Wan Zahari and Alimon, 2004) และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter digestibility) 35.6 เปอร์เซ็นต์ (Ishida and Abu Hassan, 1997) ซึ่งค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการนำทางใบปาล์มน้ำมันมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบจึงต้องผ่านก ารปรับปรุงคุณภาพ เช่น การเสริมแหล่งไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) หรือการเสริมด้วยคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่าย (soluble carbohydrate) เป็นต้น เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะ และการย่อยได้ของโภชนะ (Leng, 1990; Dahlan, 1996; Islam et al., 1998) การแปรรูปทางใบปาล์มน้ำมันในรูปทางใบปาล์มน้ำมันหมัก หรือทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด รวมทั้งการนำทางใบปาล์มน้ำมันผสมกับวัตถุดิบอาหารข้นในรูปอาหารผสมสำเร็จ (total mixed ration, TMR) เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์ (Ishida and Abu Hassan, 1992 อ้างโดย Abu Hassan, 1994; Dahlan et al., 2000) ซึ่งการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง นอกจากจะช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพืชอาหารสัตว์แล้ว ยังเป็นการใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมสำเร็จเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Wan Zahari และคณะ (2000) ได้ศึกษาปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide, NaOH) ในโคสาวลูกผสม โดยผสมท างใบปาล์ม

น้ำมันสูตรต่างๆ กับอาหารข้นในอัตราส่วน 25, 40, 60 และ 75 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีค่าสูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับ และอาหารผสมที่ใช้ทางใบ ปาล์มน้ำมันหมัก และปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับที่อัตราส่วน 25, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่อัตราส่วนเดียวกัน แต่การย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณการกินได้ ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับจะลดลงเมื่ออัตราส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันสดสับในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น โดยปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับอัตราส่วน 75 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปริมาณการกินได้ ของวัตถุแห้งของอาหารผสมที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดสับที่อัตราส่วน 25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การอัดเม็ดทาง ใบปาล์มน้ำมัน ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง เนื่องจากอัตราการไหลผ่านในกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น

Islam และคณะ (2000) ศึกษาการใช้สัดส่วนทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด : อาหารข้น 3 ระดับ คือ 60 : 40, 50 : 50 และ 40 : 60 เปอร์เซ็นต์ ที่มีผลกระทบต่อความเป็นกรด- ด่าง และค วามเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของโคพื้นเมือง Kedah-Kelantan พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ย (7.05) และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนเฉลี่ย (8.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) ไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่การเพิ่มระดับอาหารข้นให้สูงขึ้น ส่งผลให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนสูงขึ้นตามไปด้วย นอกจากนั้น Islam และคณะ (2000) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของทางใบปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนของโคที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด : อาหารข้น ทั้ง 3 ระดับ โดยแบ่งทางใบปาล์มน้ำมันออกเป็น 3 ส่วน (fraction) ได้แก่ แกนทางใบปาล์มน้ำมัน ใบย่อย และทางใบปาล์มน้ำมันทั้งหมด พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันทั้ง 3 ส่วน มีศักยภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งไม่แตกต่างกัน (P>0.05) แต่โคที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน : อาหารข้น เท่ากับ 40 : 60 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งของทางใบปาล์มน้ำมันในกระเพาะรูเมนสูงกว่าอาหารสูตรอื่น

Dahlan และคณะ (2000) ศึกษาการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดเป็นอาหารของแพะพื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย เสริมด้วยอาหารข้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เปรียบเทียบกับการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมสำเร็จอัดเม็ด ที่มีสัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมัน : อาหารข้น อย่างละ

50 : 50 กิโลกรัม และให้กินแบบเต็มที่ พบว่าการทำอาหารผสมสำเร็จอัดเม็ดสามารถลดการสูญเสียอาหารที่เกิดจากการหกหล่น เนื่องจากการคุ้ยเขี่ยอาหารของแพะมากที่สุด แพะกลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ดเสริมด้วยอาหารข้น และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง (49.60 และ 55.70 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาล (29.70, 33.60 และ 34.70 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด และอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งทั้งหมด (73.0 และ 79.3 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) ปริมาณการกินได้ของอินทรียวัตถุทั้งหมด (67.3 และ 73.1 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) และปริมาณการกินได้ของโปรตีนรวมทั้งหมด (12.4 และ 13.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ตามลำดับ) สูงกว่า แพะที่ได้รับทาง ใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก และทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตนั้นกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จอัดเม็ด มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) กับกลุ่มที่ใช้ทางใบปาล์ มน้ำมันอัดเม็ดเสริมด้วยอาหารข้น

สำหรับการย่อยได้ของโภชนะ Dahlan และคณะ (2000) พบว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล และทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด ในขณะที่แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม และลิกโนเซลลูโลสเพิ่มขึ้น 29, 15, 68 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ ยังสูงกว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ทางใบปาล์มน้ำมันหมักผสมกากน้ำตาล แล ะทางใบปาล์มน้ำมันสดอัดเม็ด ส่วนปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบต่างๆ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ มีปริมาณโภชนะที่ย่อยได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตรอื่นๆ ปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้ และ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันสด และทางใบปาล์มน้ำมันหมัก มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ และปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่ย่อยได้ ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทางใบ

ปาล์มน้ำมันสดเป็นส่วนประกอบ สูงกว่าแพะที่ได้รับ ทางใบปาล์มน้ำมันรูปแบบอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สุนทร และคณะ (2553) ทดลองใช้ระดับของทางปาล์มน้ำมันหมัก :อาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จ 4 ระดับ คือ 80 : 20, 70 : 30, 60 : 40 และ 50 : 50 เลี้ยงแพะลูกผสมพื้นเมืองไทย- แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ กินอาหารผสมสำเร็จแบบเต็มที่ พบว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 50:50 และ 60:40 มีปริมาณอาหารที่กินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่กินได้และประสิทธิภาพการใช้อาหารของแพะทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าว สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 80:20 และ 70:30 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของทางปาล์มน้ำมันหมัก : อาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จ 50 : 50 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่มีระดับของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 80:20, 70:30 และ 60:40 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ทางใบปาล์มน้ำมันสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งในรูปทางใบปาล์มน้ำมันสด ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก หรือทางใบปาล์มน้ำมันอัดเม็ด อย่างไรก็ตาม การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันในอาหารผสมสำเร็จ ยังมีข้อจำกัดเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันมีเยื่อใยสูง มีส่วนของแกนทางใบแข็ง ดังนั้นก่อนนำไปผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารข้น ควรสับให้มีขนาดเล็กเพื่อป้องกันการเลือกกินของสัตว์ และทำให้การอัดไล่อากาศออกทำได้ง่ายขึ้นเมื่อนำทางใบปาล์มไปหมัก นอกจากนี้การใช้เอนไซม์ย่อยเยื่อใยเสริมในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมัน อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของทางใบปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

แพะลูกผสม

แพะ (*Capra hircus*) เป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็กที่เกษตรกรนิยมเลี้ยง และกระจายทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทยเนื่องจากเป็นสัตว์ที่มีข้อดีหลายอย่าง ดังนี้ (1) อายุเป็นหนุ่มสาวและตั้งท้องสั้น จึงขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว แพะเป็นสัตว์ที่มีความสมบูรณ์พันธุ์สูงสามารถผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่อายุ 7-8 เดือน และมักให้ลูกแฝด ระยะตั้งท้องสั้นเพียงประมาณ 150 วัน ดังนั้น แพะจึงสามารถขยายจำนวนเป็น 2 เท่า ได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว (2) แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก สามารถกินพืชทั่วไปเป็นอาหารได้ จึงเลี้ยงง่าย จากคุณลักษณะดังกล่าว ทำให้สามารถใช้เศษวัตถุดิบทาง

การเกษตรเกือบทุกชนิด เป็นอาหารของแพะได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้แพะยังสามารถกินพืชบางชนิดที่ โค กระบือ หรือสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่นไม่สามารถกินเป็นอาหารได้ ทำให้ต้นทุนการผลิตแพะต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์เคี้ยวเอื้องชนิดอื่น (3) แพะต้องการพื้นที่ในการเลี้ยงน้อยกว่า เนื่องจากแพะมีขนาดเล็กและสามารถกินอาหารได้หลายชนิด จากคุณลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถเลือกวิธีในการเลี้ยงได้ตามความเหมาะสมไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยงแบบผูกล่าม เลี้ยงแบบปล่อย เลี้ยงแบบขังคอก (ศักดิ์สิทธิ์ และวิภาวรรณ, 2549; กรมปศุสัตว์, 2551) ดังนั้นหากได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจัง การเลี้ยงแพะจะเป็นอีกอาชีพหนึ่งที่เกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพเสริม หรืออาชีพหลักได้ แต่จากสภาพการเลี้ยงแพะของเกษตรกรทั่วไป แพะที่เลี้ยงส่วนใหญ่เป็นแพะพื้นเมือง ซึ่งมีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเมื่อโตเต็มที่ ประมาณ 20-35 กิโลกรัม ให้ผลผลิตทั้งเนื้อและนมต่ำ (สุรชน, 2547) มีอัตราการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า แต่หากินเก่ง อายุการเป็นหนุ่มสาวค่อนข้างเร็ว สามารถผสมพันธุ์ได้ทั้งปี ให้ลูกดกปีละ 2 ครั้ง นักวิชาการจึงได้นำแพะจากต่างประเทศเข้ามาเพื่อใช้ปรับปรุงพันธุ์โดยผสมกับแพะพื้นเมือง โดยแพะลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโต และให้ผลตอบแทนสูงกว่าแพะพื้นเมืองไทย (ณัฐพล, 2548; นพพงษ์, 2549; สาธิต, 2552) สอดคล้องกับรายงานของ Vadiveloo (1986) ที่รายงานว่าแพะลูกผสมมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าแพะพื้นเมือง ซึ่งในปัจจุบันแพะพันธุ์เนื้อที่กำลังได้รับความนิยมนำไปเลี้ยง หรือนำไปปรับปรุงพันธุ์เป็นแพะลูกผสมคือ แพะพันธุ์บอร์ (Boer) (Shrestha and Fahmy, 2007) ซึ่งเป็นแพะเนื้อขนาดใหญ่ จากประเทศอาฟริกาใต้ โดยลักษณะเด่นของแพะพันธุ์นี้ คือ เป็นแพะที่เด่นในด้านการให้เนื้อ ขนาดใหญ่ แข็งแรง ทนต่อสภาพแวดล้อม มีขาสั้น ขนเรียบสั้น และลำตัวมีสีขาว และมีสีน้ำตาลแดงที่หัวและคอ หนังสีน้ำตาล หน้าผากขาว จมูกขาว ใบหูยาวปรก มีน้ำหนักแรกเกิด 4 กิโลกรัม น้ำหนักหย่านม 20 กิโลกรัม เมื่ออายุ 7 เดือน เพศผู้หนัก 45 กิโลกรัม ส่วนเพศเมีย[22] น้ำหนัก 35 กิโลกรัมขึ้นไป (บัว, 2544) เมื่อโตเต็มวัย เพศผู้ตอนจะหนัก 120-140 กิโลกรัม ส่วนเพศเมียหนัก 70-90 กิโลกรัม (Wilson, 1991) ทั้งนี้กรมปศุสัตว์และภาคเอกชนไทยได้นำเข้าแพะพันธุ์บอร์เพื่อเลี้ยงเป็นแพะเนื้อ และใช้ปรับปรุงพันธุ์โดยผสมกับพันธุ์พื้ นเมือง โดยจากการศึกษาของธำรง และคณะ (2545) แสดงให้เห็นว่าแพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง มีสมรรถภาพการเจริญเติบโตดีกว่าแพะลูกผสมแองโกลนูเบียน- พื้นเมือง อย่างไรก็ตาม การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะลูกผสมบอร์ภายใต้สภาพการเ ลี้ยงต่างๆ ยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด

บทที่ 3

การทดลองที่ 1

การประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

บทนำ

In vitro gas production technique หรือเทคนิคผลผลิตแก๊สเป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยในการประเมินการย่อยได้ของอาหารสัตว์ โดยมีหลักการว่า การหมักอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะส่วนหน้าทำให้เกิดแก๊สขึ้น ซึ่งปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้คำนวณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter, DOM) และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy, ME) ในอาหารสัตว์ (Menke et al., 1979; Menke and Steingass, 1988) ซึ่งสัตว์สามารถนำไปใช้สำหรับการดำรงชีพ และสร้างผลผลิต ทั้งนี้เทคนิคผลผลิตแก๊สเป็นวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการจัดลำดับอาหาร (ranking) หรือการคัดเลือกอาหาร (screening test) ให้เหลือน้อยชนิดก่อนที่จะนำไปทดลองกับตัวสัตว์ต่อไป (บุญล้อม, 2541)

ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นผลพลอยได้จากการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน ที่สามารถนำมาสับย่อยและนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งในสภาพสดสับและสภา พหมัก นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับวัตถุดิบอาหารข้น และส่วนผสมอื่นๆ ในรูปของอาหารผสมสำเร็จ (Total Mixed Ration, TMR) (Abu Hassan et al., 1998) ประกอบกับในปัจจุบัน ได้มีการศึกษาการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งพบว่ามีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ สภาวะภายในกระเพาะรูเมน ชนิดและจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ รวมทั้งการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนในระดับที่แตกต่างกันโดย ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของสัตว์ ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ อัตราส่วนของอาหารข้นและอาหารหยาบ รูปแบบชนิด และวิธีการเสริมเอ นไซม์ รวมทั้งระดับของเอนไซม์ที่ใช้ (Beauchemin et al., 1995; 2000; Rode et al., 1999; Giraldo et al., 2008) ทั้งนี้การเสริมเอนไซม์อาจจะเสริมในอาหารโดยตรง โดยวิธีการฉีดพ่น หรือผสมในอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมสำเร็จ ซึ่งการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใ ช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ อาจช่วยทำให้การย่อยได้และคุณค่าทางโภชนะของอาหารผสมสำเร็จ

สูงขึ้น การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการประเมินการย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ
2. เพื่อประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมบอร์- พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ 2-3 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 32.7±0.5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว
2. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเ มน ได้แก่ ถุงพลาสติกใส กระติกน้ำ ผ้าขาวบาง สำหรับกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน บิกเกอร์ เทอร์โมมิเตอร์ stomach tube, vacuum pump และ pH electrode
3. อุปกรณ์สำหรับการทดลอง ได้แก่ ขวดวัคซีนขนาด 50 มิลลิลิตร จุกยาง ยาง อลูมิเนียมฟลอยด์ กระบอกฉีดยาแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เข็มฉีดยาพลาสติกเบอร์ 18 สายยางพลาสติก เข็มฉีดยาเหล็กเบอร์ 18 และพาราฟิล์ม (parafilm)
4. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง
5. สารเคมีที่ใช้ใ นการประเมินการย่อยได้ ของวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สตามวิธีการของ Menke และ Steingass (1988) ได้แก่

5.1 สารละลายแร่ธาตุหลัก (macromineral solution) ประกอบด้วย KH_2PO_4 6.2 กรัม Na_2HPO_4 5.7 กรัม และ $MgSO_4 \times 7H_2O$ 0.6 กรัม ทำละลายและปรับปริมา ตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

5.2 สารละลายแร่ธาตุรอง (micromineral solution) ประกอบด้วย $CaCl_2$ x $2H_2O$ 13.2 กรัม $MnCl_2$ x $4H_2O$ 10.0 กรัม $CoCl_2$ x $6H_2O$ 1.0 กรัม และ $FeCl_2$ x $6H_2O$ 0.8 กรัม ทำละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

5.3 สารละลายบัฟเฟอร์ (buffer solution) ประกอบด้วย $NaHCO_3$ 35.0 กรัม และ $(NH_4)HCO_3$ 4.0 กรัม ทำละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

5.4 สารละลายรีซาซูริน (resazurin aqueous) ประกอบด้วย รีซาซูริน 100.0 มิลลิกรัม ทำละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

5.5 สารละลายสำหรับไล่ออกซิเจน ประกอบด้วย น้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร NaOH ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 2.0 มิลลิลิตร และ $Na_2S_9 + H_2O$ 336.0 มิลลิกรัม

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ทำการหมักทางใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่าง การเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน ณ สถานีวิจัยและฝึก ภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลา - นครินทร์ ที่มีอายุประมาณ 12-15 ปี โดยตัดตรงส่วนก้าน (petiole) ที่มีหนามออก นำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยพืชสดให้มีขนาดเล็กประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักในถังพลาสติกขนาด 150 ลิตร ดูดอากาศออก อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท โดยใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และ Detergent method ของ Goering และ Van Soest (1970)

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมบอร์ -พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ มีน้ำหนักเฉลี่ย 42±0.5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพสมบูรณ์ แข็งแรง ก่อนนำเข้าการทดลองทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายในโดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติน , IDECTIN,® The British Dispensary (L. P.) CO., Ltd., ประเทศไทย) โดยฉีดเข้าใต้ผิวหนังในอัตราส่วน 1 มิลลิลิตรต่อน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ให้แพะได้รับหญ้าเนเปียร์สดเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้น ซึ่งประกอบด้วยข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานใ นปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา

3. เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้เอนไซม์ผสมที่ผลิตได้จากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ซึ่งประกอบด้วยเอนไซม์ ไซแลนเนส (xylanase) เบต้ากลูคาเนส (β-glucanase) เซลลูเลส (cellulase) แมนนาเนส (mannanase) และอะไมเลส (amylase) 1 x 10^7, 9 x 10^6, 2 x 10^6, 1 x 10^6 และ 2 x 10^6 ยูนิตต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4. การเตรียมอาหารทดลอง

นำเอนไซม์ผสมเติมลงในวัตถุดิบอาหารข้น โดยใช้เอนไซม์ 4 ระดับ คือ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ก่อนนำมาผสมร่ วมกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักในรูปของอาหารผสมสำเร็จ โดยใช้สัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 60:40 คำนวณให้อาหารผสมสำเร็จมีระดับโปรตีนรวม 15.40 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 55.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จทั้ ง 4 สูตร โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) และวิธี Detergent method ที่ดัดแปลงจาก Van Soest และคณะ (1991)

ตารางที่ 2 สัดส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (บนฐานวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบอาหารผสมสำเร็จ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ

วัตถุดิบอาหารสัตว์	**ปริมาณ (กิโลกรัม)**
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	60.00
ปลาป่น	5.00
กากถั่วเหลือง	5.70
ปลายข้าว	14.80
ข้าวโพดบด	12.50
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50
ยูเรีย	1.00
เกลือ	0.50
รวม	100.00
ราคา[1/] (บาท/กิโลกรัม)	3.98

ตารางที่ 2 สัดส่วนของวัตถุดิบอาหารสัตว์ (บนฐานวัตถุแห้ง) ที่ใช้ประกอบอาหารผสมสำเร็จ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	
โปรตีนรวม[2/]	15.40
โภชนะที่ย่อยได้รวม[2/]	55.67

[1/]ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 0.50 บาทต่อกิโลกรัม ปลาป่น 30 บาทต่อกิโลกรัม กากถั่วเหลือง 16 บาทต่อกิโลกรัม ปลายข้าว 11 บาทต่อกิโลกรัม ข้าวโพดบด 10 บาทต่อกิโลกรัม ไดแคลเซียมฟอสเฟต 9 บาทต่อกิโลกรัม ยูเรีย 9.6 บาทต่อกิโลกรัม และเกลือ 5 บาทต่อกิโลกรัม (ราคาวัตถุดิบ ณ วันที่ 1 มีนาคม 2554)

[2/]คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ (2547)

5. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยมีอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมด้วยเอนไซม์ในระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง เป็นปัจจัยในการทดลอง แต่ละปัจจัยการทดลองมีจำนวน 18 ซ้ำ

6. การศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

ทำการศึกษาจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ ตามวิธี ที่ดัดแปลงจาก Menke และ Steingass (1988) โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ของแพะทดลอง เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ โดยมีวิธีการดังนี้

6.1 ชั่งตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จที่อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ปริมาณ 0.3 กรัม ใส่ขวดวัคซีน ขน าด 50 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางให้สนิท

6.2 เตรียมสารละลายน้ำลายเทียม โดยการเติมน้ำกลั่น 1,200 มิลลิลิตร แร่ธาตุหลัก 600 มิลลิลิตร แร่ธาตุรอง 0.3 มิลลิลิตร สารละลายบัฟเฟอร์ 600 มิลลิลิตร และสารละลายรีซาซูริน 3 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดชมพู่ขนาด 2,500 มิลลิลิตร ที่ ต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อไล่แก๊สออกซิเจนออก แล้วนำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็ก (magnetic

stirrer) กวนตลอดเวลา จากนั้นเติม reduction solution จนสารละลายน้ำลายเทียมเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีชมพู แสดงว่าสารละลายดังกล่าวอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน

6.3 เก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทดลอง จำนวน 4 ตัว โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump นำของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 ตัว มารวมกันและแช่ในน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อให้อุณหภูมิของเหลวจากกระเพาะรูเมนคงที่ จากนั้นนำเข้าห้องปฏิบัติการ เพื่อกรองผ่านผ้าขาวบาง แล้วนำมาผสมกับสารละลายน้ำลายเทียมในสัดส่วนของสารละลายน้ำลายเทียมต่อตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 2:1

6.4 ใช้กระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ดูดสารละลายผสมน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดซี นที่บรรจุอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีท-เมนต์แล้วนำปลายเข็มเหล็กที่ติดกับสายยางบรรจุแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปักลงในขวดตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เพื่อทำการวัดปริมาณแก๊ส

6.5 วัดและจดบันทึกปริมาณแก๊สที่ เกิดขึ้น โดย 12 ชั่วโมงแรก ทำการบันทึกผลทุกๆ 1 ชั่วโมง ต่อมาบันทึกผลทุกๆ 3 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 24 จากนั้นบันทึกผลทุกๆ 6 ชั่วโมง จนถึงชั่วโมงที่ 78 และสุดท้ายทำการบันทึกผลชั่วโมงที่ 96 นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov และ McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b\,[1 - \mathrm{Exp}^{(-ct)}]$$

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t

a = จุดตัดแกน y ใช้บ่งบอกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายได้ง่าย มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดที่เส้นกราฟราบเรียบ เป็นค่าที่บ่งบอกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ ถ้าค่า b สูง ศักยภาพในการย่อยสลายจะสูง มีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

c = อัตราการผลิตแก๊สที่คงที่ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง

Exp = exponential

t = เวลาการหมัก

จากนั้นนำค่า a และ b ที่ได้จากสมการนี้ไปประเมินปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายองค์ประกอบของส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ หรือค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส (d) จากสมการ

$$d = |a| + b$$

6.6 ประเมินค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) จากผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ของอาหารผสมสำเร็จแต่ละทรีทเมนต์ ตามสมการทำนายค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของ Close และ Menke (1986)

$$ME\ (MJ/kg\ DM) = 1.242 + (0.146 \times GV) + (0.007 \times CP) + (0.0224 \times EE)$$

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (มิลลิลิตรต่อน้ำหนักอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทดลอง) คำนวณจากสมการ ดังนี้

$$Gv = \frac{(V24-Vo-GPo) \times 200 \times [(Fh + Fc)/2]}{W}$$

เมื่อ Vo = ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นก่อนบ่ม

V24 = ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง

GPo = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank ที่ชั่วโมงที่ 24

Fh = 44.16/(GPh – GPo) ; roughage correction factor

Fc = 62.6/(GPc – GPo) ; concentrate correction factor

GPh = ค่าคงที่ของอาหารหยาบมีค่าเท่ากับ 47

GPc = ค่าคงที่ของอาหารข้นมีค่าเท่ากับ 68

W = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัมวัตถุแห้ง)

CP = โปรตีนรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

EE = ไขมันรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

6.7 ประเมินเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (DOM) ของอาหารผสมสำเร็ จในแต่ละทรีท - เมนต์ ตามสมการของ Close และ Menke (1986)

DOM (%) = 14.88 + (0.889 x Gv) + (0.045 x CP) + (0.065 x Ash)

โดย Gv = ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (มิลลิลิตรต่อน้ำหนักอาหารผสมสำเร็จ)

CP = โปรตีนรวมของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

Ash = เถ้าของอาหารผสมสำเร็จ (กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)

6.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊ส เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอ าหารหยาบ เสริมเอนไซม์ในแต่ละทรีทเมนต์ มาวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและ อาหารผสมสำ เร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและ อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัม วัตถุแห้ง พบว่า ทางใบปาล์ม น้ำมันหมัก ในสภาพสดและสภาพแห้งมีความชื้นประกอบด้วยวัตถุแห้ง 41.22 และ 93.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 87.70 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 12.30 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 4.12 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 41.01 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.63 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 40.94 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 76.19 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 58.40 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 22.47 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 17.79 เปอร์เซ็นต์ และ เซลลูโลส 35.57 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม ไขมันรวม และเถ้า ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าการศึกษาของประดิษฐ์ และคณะ (2551) และณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีโปรตีนรวม 7.25 และ 7.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันรวม 3.85 และ 2.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลสของทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าสูงกว่ารายงานการศึกษาทั้ง 2 การศึกษา ข้างต้น โดยประดิษฐ์ และคณะ (2551) รายงานว่า ทางใบ

ปาล์มน้ำมันหมัก ประกอบด้วย ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส 59.23 และ 49.12 เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ และณัฐฐา (2552) รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักประกอบด้วยผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส 66.99 และ 55.56 เปอร์เซ็นต์ บนฐานวัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งความแตกต่างขององค์ประก อบทางเคมีของทางใบปาล์มน้ำมัน ขึ้นอยู่กับพันธุ์ และอายุของปาล์มน้ำมัน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการใส่ปุ๋ย เป็นต้น (ธีระ และคณะ, 2545)

อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก เสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 95.85-96.21 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่าประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.07-92.85 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 14.76-14.89 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.72-1.93 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.15-7.93 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 22.46-23.09 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 52.81-53.51 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 51.81-59.95 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 35.48-36.62 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 10.60 -11.68 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 15.96-23.33 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 24.40-25.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) จะเห็นได้ว่าอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการศึกษามีระดับโปรตีนรวมต่ำกว่าระดับโปรตีนรวมที่คำนวณไว้ (15.40 เปอร์เซ็นต์) เล็กน้อย แต่อยู่ในระดับที่เพียงพอที่ทำให้แพะที่มีน้ำหนักตัว 13-14 กิโลกรัม และเลี้ยงแบบขังคอก (มีกิจกรรมเล็กน้อย) มีอัตราการเจริญเติบโต 50 กรัมต่อวัน ตามรายงานของสุนทร (2555) ในขณะที่ระดับลิกนินในอาหารผสมสำเร็จมีค่าค่อนข้างสูง อาจเนื่องจากทางใบปาล์มน้ำมันที่ใช้ในการศึกษาไ ด้จากต้นปาล์มน้ำมันที่เจริญเติบโตเต็มที่ (อายุ 12-15 ปี) จึงมีผลทำให้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักที่ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จ มีโปรตีนรวมเพียง 4.12 เปอร์เซ็นต์ และมีลิกนินสูงถึง 22.47 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	**ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก**	**ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)**			
		0	**2**	**4**	**6**
วัตถุแห้ง	93.67 (41.22)[1]	95.85	95.92	96.07	96.21
อินทรียวัตถุ	87.70	92.07	92.66	92.55	92.85
เถ้า	12.30	7.93	7.34	7.45	7.15
โปรตีนรวม	4.12	14.76	14.79	14.89	14.84
เยื่อใยรวม	41.01	22.78	22.46	22.82	23.09

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักและอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)			
		0	**2**	**4**	**6**
ไขมันรวม	1.63	1.72	1.90	1.93	1.92
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก[1/]	40.94	52.81	53.51	52.91	53.00
ผนังเซลล์	76.19	59.95	51.81	53.01	52.04
ลิกโนเซลลูโลส	58.40	36.62	35.48	36.21	36.08
ลิกนิน	22.47	10.65	10.60	10.62	11.68
เฮมิเซลลูโลส [2/]	17.79	23.33	16.33	16.80	15.96
เซลลูโลส [3/]	35.57	25.97	24.88	25.59	24.40

[1/] วัตถุแห้งของทางใบปาล์มหมักในสภาพสด

[2/] ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = 100-(% โปรตีนรวม + % เยื่อใยรวม + % ไขมันรวม + เถ้า)

[3/] เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

[4/] เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

เมื่อพิจารณาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร จะเห็นได้ว่า การเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง สอดคล้องกับ Krause และคณะ (1998) ที่รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (Pro-Mote, Biovance Technut. Inc, Omaha, NE) ในอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วยต้นข้าวบาร์เลย์หมัก และอาหาร ข้นที่ใช้เมล็ดข้าวบาร์เลย์เป็นส่วนประกอบพื้นฐานมีผลทำให้เยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จลดลง ทั้งนี้ Krause และคณะ (1998) อธิบายว่า เอนไซม์ที่เสริมอาจมีผลทำให้อนุภาคของอาหารถูกย่อยด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง (neutral detergent solution) ได้ง่ายขึ้นในระหว่างกระบวนการวิเคราะห์ผนังเซลล์ ในขณะที่ Hristov และคณะ (1998) รายงานว่า การลดลงของเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ของอาหารผสมสำเร็จที่ประกอบด้วยเมล็ดข้าวบาร์เลย์ กากถั่วเหลือง และ ข้าวโพดหมัก เสริมเอนไซม์ย่อยโพลี แซค-คาไรด์ (FinFeeds International Ltd, Malboraugh, UK) เป็นเพราะ เอนไซม์อาจมีผลไฮโดรไลซ์ (hydrolyze) เยื่อใยในอาหาร อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ใน

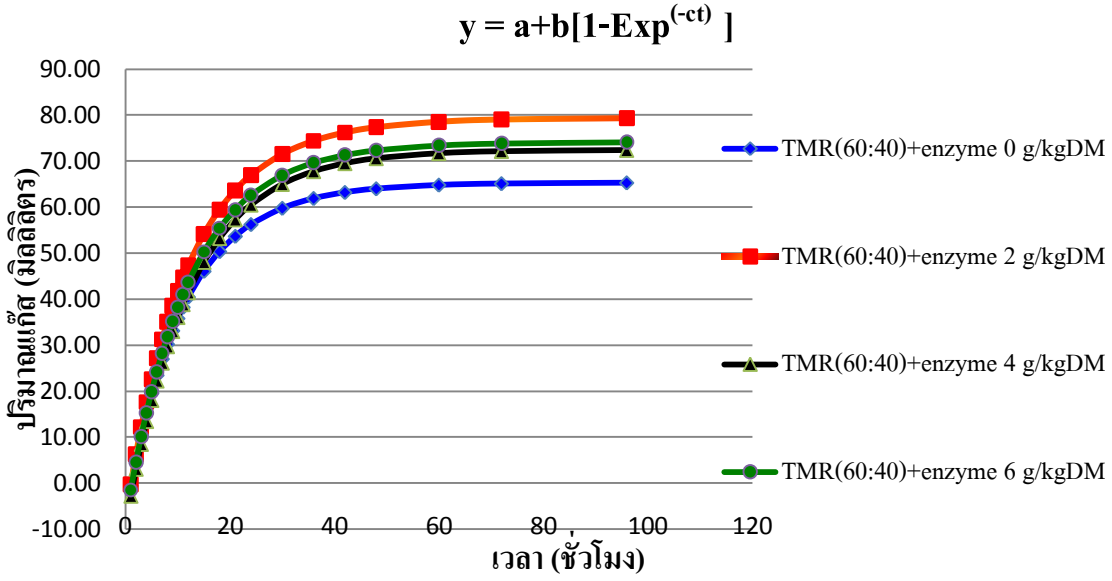
อาหารผสมสำเร็จหลายๆ การศึกษา (Beauchemin et al., 2000; Kung et al., 2000; 2002) พบว่าเอนไซม์ที่เสริมไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

จลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของ อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปริมาณผลผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง แสดงดังภาพที่ 5 พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้สูงที่สุด รองลงมาคือ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง Sallam และคณะ (2007) รายงานว่า ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ กับเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหาร โดยเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารอาจทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีต่อการย่อยได้ลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง จึงส่งผลให้ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอดระยะเวลาการบ่มของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สูงกว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง

สำหรับจลนพลศาสตร์การผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 ทรีทเมนต์ แสดงในตารางที่ 4 พบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการ ย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลาย ได้ง่าย (a) และอัตราการผลิตแก๊สที่คงที่ (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Yang และคณะ (2000) ซึ่งศึกษาการเสริมเอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วย เอนไซม์ไซแลนเนส และเซลลูเลส ในอาหารผสมสำเร็จ และรายงานว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบของส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ และอัตราการผลิตแก๊ส ที่คงที่ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอาหารที่เสริมเอนไซม์และอาหารที่ไม่เสริมเอนไซม์ นอกจากนี้ Kung และคณะ (2002) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ไซแลนเนส และเอนไซม์เซลลูเลสในข้าวโพดหมักและหญ้าอัลฟัลฟ่าแห้ง ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จ ไม่มีผลทำให้ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายขององค์ประกอบที่ละลายน้ำ และอัตราการผลิตแก๊สแตกต่างกับอาหารควบคุมที่ไม่เสริมเอนไซม์ สำหรับ ปริมาณแก๊สที่เกิดจากองค์ประกอบของส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถย่อยสลายได้ (b) และศักยภาพการผลิตแก๊ส (d) พบว่า อาหารผสม

สำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มี ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่าย (86.83, 81.67 และ 82.28 มิลลิลิตร ตามลำดับ) และปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (94.26, 90.93 และ 90.37 มิลลิลิตร ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) และสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยอาหาร และการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน (Feng et al., 1996; Wallac et al., 2001; Kung et al., 2002; Tang et al., 2008)



ภาพที่ 5 ปริมาณแก๊สสะสมที่ผลิตได้ตลอด 96 ชั่วโมงของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ที่ประเมินจากสมการ $y = a+b\,[1-Exp^{(-ct)}]$

พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ ซึ่งคำนวณโดยใช้ปริมาณผลผลิตแก๊สที่ชั่วโมงที่ 24 ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร (Menke et al., 1979) พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (2.72 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4

และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.49 และ 2.57 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ) ซึ่งพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.72, 2.34 และ 2.57 เมกกะแคลอรีต่อกิ โลกรัมวัตถุแห้ง) เพียงพอ กับความต้องกา รพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของแพะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม เลี้ยงแบบประณีตและมีอัตราการเจริญเติบโต 100 กรัมต่อวัน (2.34 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) ที่แนะนำโดย NRC (1981)

ตารางที่ 4 ค่าคงที่ของคุณลักษณะการผลิตแก๊ส พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM
	0	2	4	6	
ลักษณะรูปแบบการผลิตแก๊ส					
a	-7.16	-7.43	-9.26	-8.09	1.33
b	72.48^{b}	86.83^{a}	81.67^{a}	82.28^{a}	5.76
c	0.10	0.09	0.08	0.08	0.01
d	79.79^{b}	94.26^{a}	90.93^{a}	90.37^{a}	5.67
ปริมาณผลผลิตแก๊ส (มิลลิลิตร)					
24 ชั่วโมง	52.21^{b}	66.94^{a}	60.45^{ab}	62.57^{ab}	4.71
48 ชั่วโมง	64.00^{b}	77.38^{a}	70.57^{ab}	72.34^{a}	5.89
96 ชั่วโมง	65.29^{b}	79.34^{a}	72.36^{ab}	74.11^{a}	6.11
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) [1/]	9.79^{c}	11.38^{a}	10.42^{ab}	10.75^{ab}	3.21
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)[2/]	2.34^{b}	2.72^{a}	2.49^{ab}	2.57^{ab}	0.16
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)[3/]	65.23^{b}	74.77^{a}	69.00^{ab}	70.57^{ab}	4.17

[1/] ME (MJ/kg DM) = 1.242 + (0.146xGv) + (0.007xCP) + (0.0224xEE)

[2/] ME(Mcal/kgDM) =ME(MJ/kgDM)/4.184

[3/] DOM (%) = 14.88 + (0.889xGv) + (0.045xCP) + (0.065xAsh)

[a,b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (74.77 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (65.23 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแ ห้ง มีแนวโน้มทำให้อินทรียวัตถุที่ย่อยได้เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สอดคล้องกับศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร และศักยภาพในการผลิตแก๊สของอาหาร และแสดงให้เห็นว่า เอนไซม์ที่เสริมมีบทบาทเพิ่มอัตราการหมักย่อยและการสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน

สรุป

จากการประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ขอ งอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ ผสมที่ผลิตจาก *Aspergillus* spp. BCC 274 ในระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีศักยภาพในการย่อยสลายของอาหาร แล ะศักยภาพในการผลิตแก๊ส สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง นอกจากนี้ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง จึงอาจมีผลทำให้การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น

บทที่ 4
การทดลองที่ 2

ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

บทนำ

ทางใบปาล์มน้ำมันสามารถนำมาสับย่อยและนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องทั้งในสภาพสดสับและในสภาพหมัก และยังสามารถนำมาใช้ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆในรูปอาหารผสมสำเร็จ (Abu Hassan, 1994; Dahlan et al., 2000) ประกอบกับปัจจุบันได้มีการใช้เอนไซม์เสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนะของอาหารและเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในตัวสัตว์ โดยการเสริมเอนไซม์อาจเสริมในอาหารโดยตรง โดยวิธีการฉีดพ่น หรือผสมในอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารผสมสำเร็จ ทั้งนี้จากการประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ผสมที่ผลิตจากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ในระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (การทดลองที่ 1) โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ทำให้การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณอาหารที่สัตว์ได้รับ ปริมาณเยื่อใยและลิกนินในอาหาร ความน่ากินของอาหาร ความถี่ในการให้อาหารและการเตรียมอาหารหรือการแปรรูปอาหาร เป็นต้น (เทอดชัย, 2548) โดยปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะ และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงศึกษาการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการ ย่อยได้ของโภชนะในแพะที่ได้รับ บอาหารผสมสำเร็จที่ ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ
2. เพื่อศึกษากระบวนการหมัก และนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. แพะลูกผสมบอร์ –พื้นเมืองไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ อายุ 1.5 – 1.7 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 32.7±0.5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว
2. โรงเรือนแพะและคอกสำหรับการทดลองหาการย่อยได้ในตัวสัตว์ (metabolism cages) รางอาหาร และภาชนะใส่น้ำ
3. ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก
4. วัตถุดิบอาหารสัตว์ ได้แก่ ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง กากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เกลือ และไดแคลเซียมฟอสเฟต
5. แร่ธาตุก้อน (boslic – red)
6. ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (ไอเดกติน, IDECTIN,® The British Dispensary (L.P) CO., Ltd., ประเทศไทย)
7. เครื่องชั่งอาหาร
8. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ ได้แก่ ถุงพลาสติกรองรับมูล ถังพลาสติกรองรับปัสสาวะ ถุงพลาสติกใส ยาง ผ้าขาวบางสำหรับกรองน้ำพลาสติก ขวดพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่างปัสสาวะ และเครื่องชั่งเป็นต้น
9. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารข้นและอาหารหยาบ ได้แก่ ถุงกระดาษ ถุงพลาสติกใส และยาง เป็นต้น
10. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างเลือด ได้แก่ เข็มฉีดยา สำลี ถุงมือ กระบอกพลาสติกปริมาตร 4 มิลลิลิตร และแอลกอฮอล์ เป็นต้น
11. สารเคมีและอุปกรณ์ในการวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน

12. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธีประมาณ (Proximate analysis)
13. สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Detergent method
14. ตู้อบ (hot air oven)
15. เครื่องบด (willy mill)
16. เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge)
17. อุปกรณ์ทำความสะอาดคอก ได้แก่ ไม้กวาด และแปรงถูพื้น เป็นต้น

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ทำการหมักทางใบปาล์มน้ำมัน โดยใช้ทางใบปาล์มน้ำมันที่ตัดออกระหว่างการเก็บทะลายปาล์มน้ำมัน ณ สถานีวิจัยและฝึก ภาคสนามเทพา คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลา - นครินทร์ โดยตัดตรงส่วนก้านที่มีหนามออกนำมาย่อยด้วยเครื่องย่อยพืชสดให้มีขนาดเล็กประมาณ 1.5 เซนติเมตร แล้วนำมาหมักในถังพลาสติกขนาด 150 ลิตร ดูดอากาศออก อัดให้แน่นและปิดฝาให้สนิท โดยใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 1 เดือน สุ่มเก็บตัวอย่างทางใบปาล์มน้ำมันหมัก โดยทำการสุ่มส่วนบน กลาง และล่างของถังหมัก มาประเมินคุณภาพ โดยศึกษาลักษ ณะทางกายภาพ ได้แก่ สี กลิ่น และลักษณะตามเกณฑ์ของ Trinder (1973) อ้างโดย บุญล้อม และบุญเสริม (2525) ดังนี้

1. พืชหมักคุณภาพดี (ชั้น 1)
   - สี : เหลืองอมเขียว หรือสีกากี
   - กลิ่น : กลิ่นหอมคล้ายกลิ่นผลไม้ หรือน้ำส้มสายชู
   - ลักษณะ : แน่น
   - pH : 3.6 – 4.3 นอกจากจะมีรา
2. พืชหมักชั้น 2 (butyric silage)
   - สี : เขียวอมเหลือง เขียวอมน้ำตาล เขียวเข้ม
   - กลิ่น : ไม่หอม กลิ่นฉุน หรือกลิ่นเหมือนเนยแข็ง
   - ลักษณะ : ลื่น เป็นเมือก แน่นมาก
   - pH : 4.4 -4.7 ถ้ามี butyric เล็กน้อย แต่อาจจะถึง 4.8 หรือสูงกว่าได้ถ้ามี butyric มาก

3. พืชหมักชั้น 3 (overheated silage)

สี : น้ำตาลทองถึงน้ำตาลดำ หรือดำ

กลิ่น : น้ำตาลไหม้ กลิ่นไหม้ หรืออาจมีกลิ่นเบียร์

ลักษณะ : แน่น อาจจะหยาบ

pH : 3.6 – 4.3 ถ้าไม่มีราขึ้น 4.4 – 5.1 ถ้ามีกลิ่นเบียร์หรือสูงเกิน 5.1 ถ้ามีรามาก

4. พืชหมักชั้น 4 (composted silage)

สี : น้ำตาลเขียวเข้ม หรือดำ

กลิ่น : กลิ่นแอมโมเนียหรือกลิ่นปุ๋ยหมัก

ลักษณะ : เละเป็นเมือก

pH : สูงเกิน 5.1

นอกจากนี้ วัดความเป็นกรด - ด่างของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก ตามวิธีการของบุญล้อม และบุญเสริม (2525) โดยนำทางใบปาล์มน้ำมันหมัก 50 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร เขย่า 3 นาที กรองผ่านผ้าขาวบาง และวัดความเป็นกรด -ด่าง โดยใช้ pH electrode MP. 125 LE 413 (Mettler Toledo AG.)

2. การเตรียมสัตว์ทดลอง

ใช้แพะลูกผสมบอร์-พื้นเมือง ไทย 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ มีน้ำหนักเฉลี่ย 32.7±0.5 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว มีสุขภาพแข็งแรง ทำการกำจัดพยาธิภายนอกและพยาธิภายใน โดยใช้ยาถ่ายพยาธิไอเวอร์เมกติน (Ivermectin) ให้แพะได้รับหญ้าเนเปียร์สดเต็มที่ เสริมด้วยอาหารข้น ซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพดบด กากถั่วเหลือง และกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน เป็นองค์ประกอบพื้นฐานในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว

3. เอนไซม์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้เอนไซม์ผสมที่ผลิตได้จากเชื้อราสายพันธุ์ *Aspergillus* spp. BCC 274 ซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์ ไซแลนเนส เบต้ากลูคาเนส เซลลูเลส แมนนาเนส และอะไมเลส 1×10^7, 9×10^6, 2×10^6, 1×10^6 และ 2×10^6 ยูนิตต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

4. การเตรียมอาหารทดลอง

นำเอนไซม์ผสมเติมลงในวัตถุดิบอาหารข้น โดยใช้เอนไซม์ 4 ระดับ คือ 0, 2, 4 และ 6 กรัม ต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ก่อนนำมาผสมร่วมกับทางใบปาล์มน้ำมันหมักในรูปของอาหารผสมสำเร็จ โดยใช้สัดส่วนของทางใบปาล์มน้ำมันหมักต่ออาหารข้น 60:40 และคำนวณให้อาหาร ผสมสำเร็จมี

ระดับโปรตีนรวม 15.40 เปอร์เซ็นต์ และโภชนะที่ย่อยได้รวม 55.67 เปอร์เซ็นต์ สัดส่วนของวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

5. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบ 4 X 4 ลาตินสแควร์ (4 X 4 Latin Square Design) โดยมีกลุ่มทดลองหรือทรีทเมนต์ ดังนี้

ทรีทเมนต์ที่ 1 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริ ม เอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัม

ทรีทเมนต์ที่ 2 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริม เอนไซม์ 2 กรัมต่อกิโลกรัม

ทรีทเมนต์ที่ 3 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริม เอนไซม์ 4 กรัมต่อกิโลกรัม

ทรีทเมนต์ที่ 4 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริม เอนไซม์ 6 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 5 สัดส่วนของวัตถุดิบ (บนฐานวัตถุแห้ง) ที่ใช้ ประกอบอาหารผสมสำเร็จ และองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จ

วัตถุดิบอาหารสัตว์	กิโลกรัม
ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก	60.00
ปลาป่น	5.00
กากถั่วเหลือง	5.70
ปลายข้าว	14.80
ข้าวโพดบด	12.50
ไดแคลเซียมฟอสเฟต	0.50
ยูเรีย	1.00
เกลือ	0.50
รวม	100.00
องค์ประกอบทางเคมี	
โปรตีนรวม[1/]	15.40
โภชนะที่ย่อยได้รวม[1/]	55.67

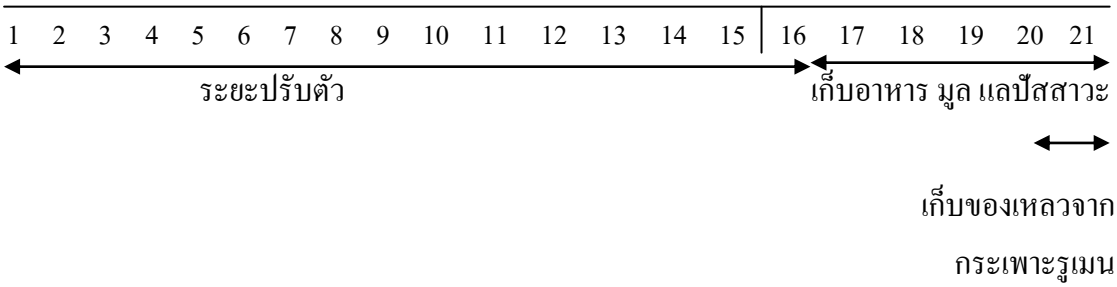
[1/] คำนวณจากตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์(2547)

สุ่มแพะทดลองแต่ละตัวให้ได้รับอาหารที่กำหนด ในการทดลองแบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลอง (period) แต่ละช่วงการทดลองใช้เวลาทั้งหมด 21 วัน ประกอบด้วยระยะปรับตัวสัตว์ 15 วัน และระยะเก็บข้อมูล 6 วัน รวมระยะเวลาการทดลองทั้งหมด 84 วัน แผนผังการทดลอง ระยะทดลอง และการเก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 6

ตารางที่ 6 แผนผังการทดลอง

ระยะเวลาของการสลับอาหารทดลอง	**แพะทดลอง**			
	1	2	3	4
ระยะที่ 1	A	B	C	D
ระยะที่ 2	B	C	D	A
ระยะที่ 3	C	D	A	B
ระยะที่ 4	D	A	B	C

หมายเหตุ : A, B, C และ D คือ อาหารทดลองทรีทเมนต์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ



ภาพที่ 6 ระยะการทดลองและการเก็บตัวอย่างในระหว่างการทดลอง

6. วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

6.1 ระยะปรับตัว (adaptation period) เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับสภาพอาหาร ก่อน เข้าสู่การทดลองจริง โดยใช้ระยะเวลา 15 วัน แบ่งออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ

6.1.1 ช่วงปรับตัวบนคอกขังเดี่ยว ใช้เวลา 10 วัน เลี้ยงแพะแต่ละตัวในคอกขังเดี่ยวมีรางอาหารและที่ให้น้ำอยู่ทางด้านหน้า ให้ได้รับอาหารตามกลุ่มการทดลอง ในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า 08.00 นาฬิกา และช่างเวลาบ่าย 16.00 นาฬิกา ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้ และอาหารที่เหลือทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นทุก วัน เพื่อหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake)

6.1.2 ช่วงปรับตัวในกรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolism cage) ใช้เวลา 5 วัน เลี้ยงแพะแต่ละตัวในกรงทดลองหาการย่อยได้ ที่มีรางอาหารและที่ให้น้ำอยู่ด้านหน้า ให้ได้รับอาหารตามกลุ่มการทดลอง ในปริมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวเมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าเวลา 08.00 นาฬิกา และในช่วงบ่ายเวลา 16.00 นาฬิกา ทำการวัดปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือ ทั้งในช่วงเช้าและช่วงเย็นของทุกวัน เพื่อหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน (voluntary feed intake)

6.2 ระยะเก็บข้อมูล (collection period) ใช้ระยะเวลา 6 วัน ให้แพะได้รับอาหารในปริมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณอาหารที่กินได้ในระยะปรับตัว โดยให้วันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้าเวลา 08.00 นาฬิกา และช่วงเวลาบ่าย 16.00 นาฬิกา ทำการเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะตลอดระยะเวลา 5 วัน และทำการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนและตัวอย่างเลือดในวันที่ 6 ของการทดลอง ดังนี้

6.2.1 การเก็บตัวอย่างอาหารและการบันทึกปริมาณการกินได้

6.2.1.1 สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จทุกครั้งที่ทำการผสมอาหาร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 นำมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง โดยทำการเก็บตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จทุกๆวัน

ส่วนที่ 2 นำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

6.2.1.2 ชั่งน้ำหนักและบันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทั้งช่วงเช้า และช่วงเย็น แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในแต่ละวัน และสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่เหลือเพื่อนำไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความชื้นและองค์ประกอบทางเคมี

6.2.2 การเก็บตัวอย่างมูล บันทึกปริมาณมูลที่ขับออกมาทุกวัน ในช่วงเช้าก่อนให้อาหาร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บปริมาณ 100 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและคำนวณเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ส่วนที่ 2 เก็บประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สะสมไว้จนครบ 5 วัน สุ่ม 300 กรัม แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

6.2.3 การเก็บตัวอย่างปัสสาวะ ก่อนให้อาหารในช่วงเช้า ทำการเก็บปัสสาวะที่ขับออกมาทั้งหมดในแต่ละวันตลอดระยะเวลา 5 วัน โดยใช้ถังพลาสติกที่เติมกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ (1 M H_2SO_4) 80 มิลลิลิตร เพื่อให้ปัสสาวะมีสภาพเป็นกรด ($pH < 3$) ป้องกันการสูญเสีย

ไนโตรเจนเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จดบันทึกปริมาตรปัสสาวะทั้งหมดที่ได้ในแต่ละวัน แล้วทำการสุ่มตัวอย่างประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของปัสสาวะทั้งหมด จากนั้นแบ่งปัสสาวะออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 นำปัสสาวะมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:3 จากนั้นนำปัสสาวะที่เจือจางแล้วใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีน และคำนวณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ และการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์

ส่วนที่ 2 นำปัสสาวะที่เหลือ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนครบ 5 วัน แล้วนำปัสสาวะของแพะแต่ละตัวทั้ง 5 วันมารวมกัน ทำการสุ่มอีกครั้ง ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เก็บใส่ขวดตัวอย่าง นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ

6.2.4 การสุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ในวันสุดท้ายของระยะทดลองสุ่มตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลอง แต่ละกลุ่มทดลองก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังทดลอง (4 ชั่วโมง) โดยใช้ stomach tube ร่วมกับ vacuum pump สุ่มเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำมาวัดค่าความเป็นกรด -ด่างทันที หลังจากนั้นแบ่งของเหลวจากกระเพาะรูเมนออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 สุ่มเก็บปริมาตร 90 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกปริมาตร 120 มิลลิกรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตรต่อของเหลวจากกระเพาะรูเมน 10 มิลลิลิตร เพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาส่วนที่ใส (supernatant) ประมาณ 10-15 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ในตู้แช่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนีย – ไนโตรเจน (ammonia nitrogen) กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (total volatile fatty acid) และกรดไขมันที่ระเ หยง่ายที่สำคัญ ได้แก่ กรดแอซิติก (acetic acid, C_2) กรดโพรพิออนิก (propionic acid, C_3) และกรดบิวทีริก (butyric acid, C_4)

ส่วนที่ 2 สุ่มเก็บปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร ที่บรรจุฟอร์มาลิน (formalin) เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (10% formalin solution in 0.9% normal saline) ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปตรวจนับประชากรจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และซูโอสปอร์ของเชื้อรา (fungal zoospore) โดยวิธีนับตรง (total direct count) ตามวิธีของ Galyean (1989)

6.2.5 การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดก่อนให้อาหาร (0 ชั่วโมง) และหลังให้อาหาร 4 ชั่วโมง ในวันสุดท้ายของของการเก็บข้อมูล โดยเก็บตัวอย่างเลือดจากเส้นเลือดดำใหญ่บริเวณคอ (jugular vein) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

6.2.6 การชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง

ชั่งน้ำหนักสัตว์ทดลอง 3 ครั้งในแต่ละช่วงการทดลอง คือ ก่อนเข้างานทดลอง หลังจากปรับสัตว์ และหลังจากสิ้นสุดการทดลอง ทำการจดบันทึก เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของสัตว์ทดลอง

6.2.7 คำนวณหาปริมาณการกินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม (total digestible nutrient, TDN) ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (digestible nutrient intake) และสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance) ดังนี้

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (เปอร์เซ็นต์)

$$= \frac{[\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ} - \text{โภชนะในมูล}]}{\text{โภชนะที่สัตว์ได้รับ}} \text{ X } 100$$

โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)

TDN = DCP + DCF + DNFE + (DEE x 2.25)

เมื่อ DCP = โปรตีนรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DCF = เยื่อใยรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DNFE = ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรกที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

DEE = ไขมันรวมที่ย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ (กรัมต่อวัน)

= สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ x ปริมาณโภชนะที่กินได้ สมดุลไนโตรเจน (กรัมต่อวัน)

= ปริมาณไนโตรเจนที่สัตว์กิน – (ปริมาณไนโตรเจนในมูล + ปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะ)

6.2.8 คำนวณการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ และการสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ ดังนี้

อนุพันธ์พิวรีนที่ถูกดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมลต่อวัน)

= Y/0.76 (Belenguer et al., 2002)

การสังเคราะห์ไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจนต่อวัน)

= X/(0.92 x 1.97) (Belenguer et al., 2002)

เมื่อ X = อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมลต่อวัน)

Y = การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ (มิลลิโมลต่อวัน)

0.92 = การย่อยได้จริงของอนุพนธ์พิวรีนที่ลำไส้เล็กส่วนต้น (Chen et al., 1990)

1.97 = อัตราส่วนระหว่างปริมาณอนุพันธ์พิวรีน (164 ไมโครโมล ต่อกรัมวัตถุแห้ง) และปริมาณไนโตรเจนของประชากรจุลินทรีย์ (83.8 มิลลิกรัม ต่อกรัมวัตถุแห้ง) ที่สกัดจากกระเพาะรูเมนของแพะ (Belenguer et al., 2002)

7. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของ อาหารผสมสำเร็จ และมูล ได้แก่ วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC, 1990) สำหรับการวิเคราะห์ ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส แล ะลิกนิน โดยวิธี Detergent method ที่ดัดแปลงจาก Van Soest และคณะ (1991) การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในมูลและปัสสาวะ ใช้วิธีการของ AOAC (1990) การวิเคราะห์แอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยวิธีการกลั่นตามวิธีการของ Bremner และ Keeney (1965)

การวิเคราะห์กรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ได้แก่ กรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริก ใช้ Gas Chromatography โดยดัดแปลงตามวิธีการวิเคราะห์ของ Josefa และคณะ (1999) และวิเคราะห์หาอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ใช้เครื่อง HPLC โดยดัดแปลงตามวิธีการวิเคราะห์ของ Chen และคณะ (1993) ส่วนการวิเคราะห์หาระดับยูเรีย – ไนโตรเจนในพลาสม่า โดยวิธีการ Urea two steps enzymatic colorimetric test โดยใช้น้ำยาสำเร็จรูป Urea Liquicolor

8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลปริมาณอาหารที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภ ชนะ โภชนะที่ย่อยได้รวม ปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ที่ได้รับ สมดุลไนโตรเจน ระดับแอมโมเนี ย-ไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวในกระเพาะรูเมน จำนวนประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน การสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ และระดับยูเรีย – ไนโตรเจนในเลือด มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาติน สแควร์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's multiple range Test (Steel and Torrie, 1980) และวิเคราะห์แนวโน้มการตอบสนองของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์โดยวิธี Orthogonal polynomial

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ลักษณะทางกายภาพทางใบปาล์มน้ำมันหมัก แสดงดังตารางที่ 7 พบว่า ความเป็นกรด -ด่าง ของทางใบปาล์มน้ำมันหมักเท่ากับ 4.95 สอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีค่าความเป็นกรด -ด่าง เท่ากับ 4.95 แต่สูงกว่าการทดลองของ ประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีค่าความเป็นกรด -ด่าง เท่ากับ 4.29 ทั้งนี้ เมธา (2533) กล่าวว่า พืชหมักควรมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.5-4.8 สำหรับลักษณะสี และกลิ่นของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก พบว่า มี ลักษณะแน่น สีเหลือง มีกลิ่นหอมเปรี้ยวอ่อนๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของขวัญดาว และคณะ (2549) ที่พบว่าทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีเขียวอมเหลืองและมีกลิ่นหอม และรายงานของประดิษฐ์ และคณะ (2551) ที่พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักมีสีเขียวอมเหลือง กลิ่นเปรี้ยวปานกลาง ซึ่ งเมื่อประเมินคุณภาพทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาครั้งนี้ โดยพิจารณาจากลักษณะสี และกลิ่น ตามเกณฑ์ของ Trindes (1983) อ้างโดยบุญล้อม และบุญเสริม (2525) พบว่า ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในการศึกษาครั้งนี้ เป็นพืชหมักคุณภาพดี (ชั้น 1)

ตารางที่ 7 ลักษณะทางกายภาพของทางใบปาล์มน้ำมันหมัก

ลักษณะทางกายภาพ	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.95
ลักษณะ	แน่น
สี	เหลือง
กลิ่น	หอมเปรี้ยวอ่อนๆ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 8 พบว่า อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ประกอบด้วยวัตถุแห้ง 95.85-96.21 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดองค์ประกอบทางเคมีบนฐานวัตถุแห้ง พบว่า ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 92.07-92.85 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม 14.76-14.89 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม 1.72-1.93 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 7.15-7.93 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม 22.46-23.09 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก 52.81-53.51 เปอร์เซ็นต์ ผนังเซลล์ 51.81-59.95 เปอร์เซ็นต์ ลิกโนเซลลูโลส 36.08-36.62 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน 10.60-11.68 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง 48.75-53.00 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส 15.96-23.33 เปอร์เซ็นต์ และเซลลูโลส 24.40-25.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการเสริมเอนไซม์ในระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารผสมสำเร็จมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ในอาหารลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากเอนไซม์ที่เสริมมีผลทำให้อนุภาคของอาหารถูกย่อยด้วยสารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลางได้ง่ายขึ้นในกระบวนการวิเคราะห์ผนังเซล์ (Krause et al., 1998) หรืออาจเนื่องจากเอนไซม์มีผลไฮโดรไลซ์เยื่อใยบางส่วนในอาหาร (Hristov et al., 1998) อย่างไรก็ตาม การศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จหลายๆ การศึกษา (Beauchemin et al., 2000; Kung et al., 2000: 2002) พบว่า การเสริมเอนไซม์ในอาหารไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของอาหาร สำหรับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ ซึ่งประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2.14, 2.66, 2.43 และ 2.51 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

องค์ประกอบทางเคมี	**ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)**			
	0	**2**	**4**	**6**
วัตถุแห้ง	95.85	95.92	96.07	96.21
อินทรียวัตถุ	92.07	92.66	92.55	92.85
เถ้า	7.93	7.34	7.45	7.15
โปรตีนรวม	14.76	14.79	14.89	14.84
ไขมันรวม	1.72	1.90	1.93	1.92

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์บนฐานวัตถุแห้ง) และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)			
	0	**2**	**4**	**6**
เยื่อใยรวม	22.78	22.46	22.82	23.09
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก [1/]	52.81	53.51	52.91	53.00
ผนังเซลล์	59.95	51.81	53.01	52.04
ลิกโนเซลลูโลส	36.62	35.48	36.21	36.08
ลิกนิน	10.65	10.60	10.68	11.68
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง [2/]	35.54	20.34	22.82	24.05
เฮมิเซลลูโลส [3/]	23.33	16.33	16.80	15.96
เซลลูโลส [4/]	25.97	24.88	25.59	24.40
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ [5/] (เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง)	2.34[b]	2.72[a]	2.49[ab]	2.57[ab]

[1/] ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก = 100 – (% โปรตีนรวม + % เยื่อใยรวม + % ไขมันรวม + % เถ้า)

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

[3/] เฮมิเซลลูโลส = ผนังเซลล์ – ลิกโนเซลลูโลส

[4/] เซลลูโลส = ลิกโนเซลลูโลส – ลิกนิน

[5/] พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้จากการประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส (การทดลองที่ 1)

ปริมาณอาหารที่กิน

ปริมาณอาหารที่กินของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมัก เสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 9 พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณอาหารที่กินได้บนฐานกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว และกรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวันสูงสุด แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติ ($P>0.05$) กับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ ระดับ 0, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ทั้งนี้ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารที่มีต่อปริมาณอาหารที่กินได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องในหลายๆการศึกษาให้ผลที่แตกต่างกัน โดย Giraldo และคณะ (2008) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ผสมทางการค้าที่ประกอบด้วยเอนโดกลูคาเนสและอะไมเลสในกระเพาะรูเมนของแกะ ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่แกะกินได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริม ซึ่งสอดคล้องกับ Pinos-Rodriguz และคณะ (2002) ซึ่งศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ชนิดเดียวกันในแกะที่ได้รับหญ้า

ไรน์หมักและถั่วอัลฟัลฟ่าแห้ง และพบว่า เอนไซม์ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่แกะกินได้ นอกจากนี้ ผลการศึกษาการเสริมเอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ผลิตจาก *Bacillus lentus* และ *Trichoderma longbranchiatum* (มินตรา และคณะ , 2553) เอนไซม์ย่อยเยื่อใยที่ผลิตจาก *Aspergillus* spp. และ *Trichoderma* spp. (สิรินทร์เนตร และฉลอง , 2553) และการเปรียบเทียบการเสริมเอนไซม์ทั้ง 2 แหล่งข้างต้น (จิตราภรณ์ และคณะ, 2554) ในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนมที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น 40:60 โดยใช้ต้นมันสำปะหลังแห้งหรือฟางแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่า การเสริมเอนไซม์ไม่มีผลต่อปริมาณอาหารที่โคกินได้ ในขณะที่ Beauchemin และคณะ (2000) รายงานว่า การเสริมเอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วยเอนไซม์เบต้า -กลูคาเนส ไซแลนเนส และเอนโดเซลลูเลส ในอาหารผสมสำเร็จสำหรับโคนม ส่งผลให้โคมีปริมาณอาหารที่กินได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยปริมาณอาหารที่กินได้เพิ่มขึ้น 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริมในอาหาร ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีต่อปริมาณอาหารที่กินนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ทั้งชนิดของสัตว์ที่ใช้ในการศึกษา ชนิดของอาหารที่ใช้ รูปแบบและชนิดของเอนไซม์ รวมทั้งวิธีการเสริมเอนไซม์ เป็นต้น เมื่อพิจารณาปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ที่แพะกินได้ ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 564.67-618.54 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง หรือ 1.83-2.04 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว หรือ 43.05-47.83 กรัมวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน นั้นเป็นระดับที่เพียงพอสำหรับการดำรงชีพ โดย Devendra และ Burns (1983) รายงานว่า ปริมาณวัตถุแห้งที่ใช้สำหรับการดำรงชีพของแพะในเขตร้อนอยู่ในช่วง 1.4-1.7 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว หรือ 43-50 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน

ตารางที่ 9 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	**ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)**				**SEM**	**Contrast P-value[1/]**	
	0	**2**	**4**	**6**		**L**	**Q**
กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน	564.67	618.54	599.65	593.20	25.16	0.35	1.44
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.83	2.04	1.97	1.96	0.10	0.54	1.27
กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	43.05	47.83	46.19	45.90	2.08	0.55	1.48

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ปริมาณการกินได้ของโภชนะ

ปริมาณการกินได้ของ โภชนะ ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง แสดงดังตาราง ที่ 10 พบว่า แพะที่ได้รับ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณกินได้ของอินทรียวัตถุและโปรตีนรวมสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างในทางสถิติ (P>0.05) กับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 4, และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอาหารที่กินได้ ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนรวมที่แพะกินได้จากอาหารผสมสำเร็จในการศึกษาในครั้งนี้มีค่าอยู่ในช่วง 89.12-94.76 กรัมต่อตัวต่อวัน ซึ่งเป็นระดับที่เพียงพอกับความต้องการของแพะตามคำแนะนำ NRC (1981) สำหรับปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส พบว่า ปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์และลิกโนเซลลูเลสของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 309.28-347.32 และ 213.93-223.43 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 23.92-26.49 และ 16.31-17.28 กรัมต่อกิโลกรัมเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปริมาณการกินได้	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	2	4	6		L	Q
อินทรียวัตถุ							
กรัม/ตัว/วัน	528.32	560.50	554.57	550.32	27.63	0.23	0.46
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	39.41	44.30	42.72	42.58	1.96	0.82	1.65
โปรตีนรวม							
กรัม/ตัว/วัน	89.12	94.76	93.85	92.32	3.04	0.41	1.39
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	6.80	7.33	7.23	7.14	0.27	0.59	1.36

ตารางที่ 10 ปริมาณโภชนะที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

ปริมาณการกินได้	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	2	4	6		L	Q
ผนังเซลล์							
กรัม/ตัว/วัน	349.32	320.58	319.31	309.28	12.85	4.04	0.42
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	26.49	24.79	24.60	23.92	1.06	2.76	0.23
ลิกโนเซลลูโลส							
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	16.31	17.28	17.05	16.91	0.68	0.26	0.67

[1/] L = Linear, Q = Quadratic,

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 11 พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก และโภชนะที่ย่อยได้รวม (60.52, 65.32, 84.11 และ 62.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (47.98, 54.81, 79.45, 59.20 และ 53.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับอาหารผ สมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สำหรับสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของ โปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส ถึงแม้จะไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างทรีทเมนต์ แต่แพะที่รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 และ 4 กรัมต่อ กิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม ผนังเซลล์ และลิกโนเซลลูโลส สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาของ Beauchemin และคณะ (1995) ที่ศึกษาผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใย (Promote, Biovance Inc., Omaha, NE) 2 ระดับ (1.22 และ 3.67 ลิตรต่อตันวัตถุแห้ง) ในโคเพศผู้ตอนที่

ได้รับถั่วอัลฟัลฟ่าอัดฟ่อน และพบว่า การเสริมเอนไซม์ในระดับต่ำ ส่งผลให้โคมีการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าการเสริมเอนไซม์ในระดับสูง นอกจากนี้ Beauchemin และคณะ (2000) ที่ศึกษาผลของระดับเอนไซม์ผสมที่ประกอบด้วยเบต้า-กลูคาเนส ไซแลนเนส และเอนโดเซลลูเลส ในระดับ 0, 1.22 และ 3.67 ลิตรต่อตันวัตถุแห้งในอา หารผสมสำเร็จสำหรับโคนม และพบ ว่า การเสริมเอนไซม์มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหาร โดยการย่อยได้ของ วัตถุแห้งและอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.001$) เมื่อเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 1.22 ลิตรต่อตันวัตถุแห้ง ในขณะที่การเสริมเอนไซม์ในระดับ 3.67 ลิตรต่อตันวัตถุแห้ง ไม่ทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของโคแตกต่างจากโคที่ไม่ได้รับเอนไซม์เสริมในอาหาร ที่เป็นเช่นนี้ อาจเนื่องจากเอนไซม์ระดับต่ำมีผลต่อการจัดเรียงตัวของอนุภาคอาหาร เพื่อให้ง่ายต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ (Yang et al., 1999) รวมทั้งอาจไปมีผลกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในทางเดินอาหารของสัตว์ (Morgavi et al., 2000) ในขณะที่ระดับของเอนไซม์ที่สูงเกินไปอาจไปแย่งพื้นที่บนอนุภาคของอาหาร ทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนไม่สามารถเข้ายึดเกาะและย่อยอาหาร ได้ (Nsereko et al., 2002)

ตารางที่ 11 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

สัมประสิทธิ์การย่อยได้	**ระดับเอนไซม์ (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)**				**SEM**	**Contrast P-value[1/]**	
(เปอร์เซ็นต์)	**0**	**2**	**4**	**6**		**L**	**Q**
วัตถุแห้ง	47.98[b]	60.52[a]	53.29[ab]	51.98[ab]	2.32	0.21	8.95
อินทรียวัตถุ	54.81[b]	65.32[a]	59.99[ab]	58.87[ab]	1.87	0.68	9.68
โปรตีนรวม	66.61	72.28	69.27	69.39	2.11	0.32	1.74
ไขมันรวม	32.25	39.97	46.91	41.96	4.85	2.76	1.71
ไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก	79.45[b]	84.11[a]	82.52[ab]	80.57[b]	0.91	0.19	13.31

ตารางที่ 11 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ (เปอร์เซ็นต์)	ระดับเอนไซม์ (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value[1/]	
	0	2	4	6		L	Q
ผนังเซลล์	59.89	65.15	62.04	59.26	4.05	0.08	0.98
ลิกโนเซลลูโลส	59.20	66.34	62.42	61.22	2.14	0.05	3.82
โภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์)	53.14[b]	62.26[a]	58.18[ab]	59.91[ab]	1.60	1.02	10.57

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

[1/] L= Linear, Q= Quadratic

SEM = ค่าความเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 12 พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้บนฐานกรัมต่อตัวต่อวันไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) แต่เมื่อพิจารณาบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงกว่าแพ ะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง สำหรับปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จทั้ง 4 ทรีทเมนต์มีปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 59.75-69.04 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 4.55-5.34 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ซึ่งสูงกว่าความต้องการโปรตีนที่ย่อยได้เพื่อการดำรงชีพของแพะในเขตร้อนที่มีน้ำหนัก 35 กิโลกรัม ซึ่งเท่ากับ 26.1 กรัมต่อตัวต่อวัน (Devendra and Mcleory, 1972) ในขณะที่เมื่อคำนวณตามคำแนะนำของ NRC (1981) พบว่า แพะน้ำหนัก 35 กิโลกรัมต้องการโปรตีนที่ย่อยได้เพื่อการดำรงชีพ 39 กรัมต่อตัวต่อวัน

ตารางที่ 12 ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ โปรตีนรวมที่ย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
อินทรียวัตถุที่ย่อยได้							
กรัม/ตัว/วัน	287.23	377.77	333.73	327.14	20.52	0.47	0.11
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	21.81[b]	29.19[a]	25.71[ab]	25.21[ab]	1.41	0.45	0.06
โปรตีนรวมที่ย่อยได้							
กรัม/ตัว/วัน	59.75	69.04	65.05	64.35	3.21	0.56	0.26
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	4.55	5.34	5.01	4.96	0.21	0.44	0.17
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้							
เมกกะแคลอรี/วัน [2/]	1.09	1.44	1.27	1.24	0.76	0.49	0.19
เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง	1.93	2.32	2.12	2.09	0.67	0.38	0.46

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

[2/] คำนวณจาก พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี /วัน) = ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กก.) x 3.8 (Kearl, 1982)

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สำหรับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับ พบว่า อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ อยู่ในช่วง 1.93-2.32 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งต่ำกว่าค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆที่ประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊สในการทดลองที่ 1 (2.34-2.72 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) อย่างไรก็ตาม พลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีแนวโน้มสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง เป็นไปในทิศทางเดียวกับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่

ประเมินโดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส และเมื่อพิจารณาพลังงานใช้ประโยชน์ได้ที่แพะได้รับ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งได้รับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 1.09, 1.44, 1.27 และ 1.24 เมกกะแคลอรีต่อวัน ซึ่งอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของแพะน้ำหนัก 35 กิโลกรัม (1.46 เมกกะแคลอรีต่อตัวต่อวัน) ที่คำนวณตามคำแนะนำของ NRC (1981)

สมดุลไนโตรเจนและการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ แสดงดังตารางที่ 13 พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่มมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับเมื่อคิดบนฐานกรัมต่อตัวต่อวัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.93-15.02 กรัมต่อตัวต่อวัน อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก ซึ่งสูงกว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ 0.95 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) อาจเนื่องจาก แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินได้สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (ตารางที่ 9) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่แพะได้รับเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นตรง (L, P=0.03) ตามระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร

สำหรับปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (4.91, 4.69, 5.32 และ 5.12 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.25, 0.25, 0.25 และ 0.24 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (5.40, 6.83, 5.68 และ 6.93 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.21, 0.22, 0.21 และ 0.25 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) และปริมาณไนโตรเจนรวมที่ขับออก (10.31, 11.52, 11.01 และ 12.05 กรัมต่อตัวต่อวัน หรือ 0.46, 0.47, 0.46 และ 0.49 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

(P>0.05) นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนที่ขับออกต่อไนโตรเจนที่กินของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งเท่ากับ 90.46, 83.39, 79.61 และ 78.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าไม่แตกต่างกันสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาสมดุลไนโตรเจนของแพะ พบว่า สมดุลไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 2.17-3.28 กรัมต่อตัวต่อวัน (P>0.05) ทั้งนี้สมดุลไนโตรเจน เพิ่มขึ้นแบบ เส้นตรงตามระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (L, P=0.03) ส่วนสมดุลไนโตรเจนบนฐานกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า สมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง เท่ากับ 0.93, 0.87 และ 0.91 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน (P>0.05) สูงกว่าสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.75 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบมีผลทำให้การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ตารางที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ							
กรัม/ตัว/วัน	11.93	14.78	13.99	15.02	0.51	0.31	0.40
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.95[b]	1.15[a]	1.07[ab]	1.16[a]	0.04	0.03	0.36
ปริมาณไนโตรเจนที่ขับออก							
มูล							
กรัม/ตัว/วัน	4.91	4.69	5.32	5.12	0.23	0.53	0.80
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.25	0.25	0.25	0.24	0.07	0.88	0.72
ปัสสาวะ							
กรัม/ตัว/วัน	5.40	6.83	5.68	6.93	0.58	0.85	0.14
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.21	0.22	0.21	0.25	0.02	0.36	0.54

ตารางที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ไนโตรเจนที่ขับออก และสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
รวม							
กรัม/ตัว/วัน	10.31	11.52	11.01	12.05	0.69	0.57	0.17
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.46	0.47	0.46	0.49	0.05	0.63	0.64
ไนโตรเจนที่ขับออก/ไนโตรเจนที่กิน (เปอร์เซ็นต์)	90.46	83.39	79.61	78.66	6.08	0.75	0.50
สมดุลไนโตรเจน							
กรัม/ตัว/วัน	2.17	3.28	2.98	2.97	1.08	0.03	0.54
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน	0.75[b]	0.93[a]	0.87[a]	0.91[a]	0.03	0.02	0.16

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 14 แสดงความเป็นกรด -ด่าง ความเข้มข้นของแอมโ มเนียไนโตรเจน และกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะ รูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร มีค่าเท่ากับ 7.55 ส่วนความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในช่วง 7.33 – 7.40 และค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด -ด่าง ในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าอยู่ในช่วง 7.44 – 7.48 ซึ่งไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด – ด่าง ในช่วงเวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดต่ำลงในช่วงโมงที่ 4 หลังการให้อาหาร อาจเนื่องมาจากภายหลังที่สัตว์ได้รับอาหารจะมีกระบวนการหมักอาหารเกิดขึ้น ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมักคือ กรดไขมันที่ระเหยง่าย ได้แก่ กรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังกินอาหารไปแล้ว 2-4 ชั่วโมง และทำให้ความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจาก

กระเพาะรูเมนลดลง (Wanapat, 2000) ซึ่งบุญล้อม (2541) รายงานว่า ระดับความเป็นกรด -ด่างในกระเพาะรูเมนที่ต่ำกว่า 6 ส่งผลเสียต่อจุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใยโดยเฉพาะเมื่อมีค่าต่ำกว่า 5.5 และ Preston (1987) รายงานว่าระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนควรรักษาไว้ที่ระดับ 5.8-7.5

ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 16.08 -17.50 และ 15.68-18.57 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 16.25-17.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ($P>0.05$) ทั้งนี้ระดับแอมโมเนีย -ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในช่วงปกติ (10-30 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร) ซึ่งเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดย Perdok และ Leng, (1990) รายงานว่า ระดับแอมโมเนียในโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 5-25 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
ค่าความเป็นกรด – ด่าง							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	7.55	7.55	7.55	7.55	0.09	1.00	1.00
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	7.35	7.35	7.33	7.40	0.07	0.69	0.60
ค่าเฉลี่ย	7.45	7.45	7.44	7.48	0.07	0.00	0.00
แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	17.50	16.08	16.44	16.79	0.57	0.51	0.17
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	15.68	18.57	16.44	15.72	0.99	0.66	0.12
ค่าเฉลี่ย	16.97	17.33	16.43	16.25	0.43	0.76	0.29
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (มิลลิโมล/ลิตร)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	23.92	26.04	24.91	25.70	1.43	0.53	0.66
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	31.01	40.64	36.01	35.72	1.64	0.21	0.97
ค่าเฉลี่ย	27.47	33.34	30.46	30.71	0.89	0.47	0.74

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเห ยง่ายในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย -ไนโตรเจนในเลือด ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
กรดแอซิติก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	64.84	64.19	64.28	61.72	1.35	0.18	0.51
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	69.05	69.72	68.74	70.83	1.00	0.37	0.51
ค่าเฉลี่ย	66.94	66.96	66.51	66.27	1.01	0.24	0.49
กรดโพรพิโอนิก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	12.30	11.95	12.20	12.11	0.27	0.59	0.84
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	13.91	13.77	13.55	13.50	0.41	0.46	0.92
ค่าเฉลี่ย	13.10	12.86	12.88	12.80	0.46	0.47	0.26
กรดไอโซบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	3.63	3.45	3.51	3.69	0.13	0.66	0.20
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	2.35	2.18	2.98	2.25	0.18	0.56	0.19
ค่าเฉลี่ย	2.99	2.82	3.24	2.97	0.15	0.97	0.55
กรดบิวทีริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	9.65	10.79	10.61	10.91	0.32	0.05	0.24
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	10.35	10.72	10.76	10.35	0.62	0.98	0.55
ค่าเฉลี่ย	10.00	10.76	10.69	10.63	0.18	0.08	0.13
กรดวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.42	1.29	1.33	1.42	0.18	0.24	0.76
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	1.05	1.01	1.17	1.04	0.07	0.70	0.50
ค่าเฉลี่ย	1.08	1.15	1.25	1.23	0.13	0.26	0.97
กรดไอโซวาเลอริก (เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	3.94	3.74	3.79	4.01	0.19	0.42	0.21
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	2.19	2.02	2.80	2.04	0.42	0.73	0.33
ค่าเฉลี่ย	3.06	2.88	3.30	3.03	0.21	1.00	0.71
กรดแอซิติก : กรดโพรพิโอนิก							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	5.28	5.41	5.27	5.08	0.26	0.21	0.25
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	5.02	5.10	5.12	5.26	0.22	0.56	0.29
ค่าเฉลี่ย	5.11	5.21	5.15	5.21	0.23	0.27	0.21

ตารางที่ 14 ค่าความเป็นกรด – ด่าง ความเข้มข้นของแอมโมเนีย – ไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเห ยง่ายในกระเพาะรูเมน และความเข้มข้นของยูเรีย -ไนโตรเจนในเลือด ของแพะที่ได้รับอาหารผสม สำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือด							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	31.16	34.04	31.00	32.54	0.97	1.05	0.26
4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร	33.76	35.55	36.48	36.50	1.42	5.04	0.06
ค่าเฉลี่ย	32.46	34.80	33.74	34.52	1.19	4.88	0.00

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ปริมาณกรดแอซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดไอโซบิวทิริก กรดบิวทีริก กรดไอโซวาเลอริก กรดวาเลอริก และสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อโพรพิ-โอนิก ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่า กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร (23.92 – 26.04 มิลลิโมลต่อลิตร) 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร (31.01-40.64 มิลลิโมลต่อลิตร) และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด (27.47-33.34 มิลลิโมลต่อลิตร) ไม่แตกต่างกันทางส ถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มี แนวโน้มของ ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ทั้งหมด (40.64 และ 33.34 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดั บ) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (31.01 และ 27.47 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องจาก แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มของปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้และมีการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่ง Sutton (1985) รายงานว่า การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ โดยหากความสามารถในการย่อยได้ของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้การผลิตกรดไขมันที่ระเหยง่ายเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะแปรผันขึ้นอยู่กับอาหารและระยะเวลาหลังก ารให้อาหารมื้อนั้น ซึ่งปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะในการศึกษา ครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Paengkoum และคณะ (2006) ที่รายงานว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักอบไอน้ำเสริมยูเรียที่ระดับต่างๆ มีปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่า ยทั้งหมดในกระเพาะรูเมน อยู่ในช่วง 32.5-40.00 มิลลิโมลต่อลิตร และณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า แพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลที่ระดับต่างๆเสริมอาหารข้น มีปริมาณกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในกระเพาะรูเมนในช่วง 32.04-38.67 มิลลิโมลต่อลิตร

เมื่อพิจารณาปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด พบว่า กรดแอซิติกในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดแอซิติกอยู่ในช่วง 61.72-64.84, 68.74-70.83 และ 66.71-67.64 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) สำหรับปริมาณของกรดโพรพิออนิก พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีกรดโพรพิออนิกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารและค่าเฉลี่ยของกรดโพรพิออนิกมี ค่าอยู่ในช่วง 11.95-12.30, 13.50-13.91 และ 12.89-13.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในขณะที่กรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงห ลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ 0, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ซึ่งสัดส่วนของกรดแอซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะในการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในช่วงปกติ โดยบุญล้อม (2541) กล่าวว่า กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะรูเมนที่มีมากที่สุด คือ กรดแอซิติก สัตว์ที่ได้รับอาหารหยาบที่มีเยื่อใยสูง จะมีกรดแอซิติกในกระเพาะรูเมน 60-70 เปอร์เซ็นต์ของกรด ไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และเมื่อสัดส่วนของอาหารข้นเพิ่มขึ้นกรดแอซิติกลดลง ในขณะที่กรดโพรพิโอนิกจะเพิ่มขึ้น โดยกรดโพรพิโอนิกจะมีประมาณ 18-20 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด หากสัตว์ได้รับอาหารข้นสูงจะมีสัดส่วนของกรดโพรพิโอนิกในกระเพาะรูเมนสูง ส่วนกรดบิวทีริกมีประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด

สำหรับสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่มมีสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และ

ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.08-5.41, 5.02-5.26 และ 5.11-5.21 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

สำหรับกรดไขมันที่ระเหยง่ายชนิดอื่นๆ ในกระเพาะรูเมนของแ พะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริม เอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง พบว่า กรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร อยู่ในช่วง 3.45-3.69 และ 2.82-3.24 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่กรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนที่เวลา 4 ชั่วโมง หลังให้อาหารของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุ (2.98 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด) มีค่าสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างไรก็ตาม กรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีค่าไม่แตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งค่าเฉลี่ยของกรดไอโซบิวทีริกในกระเพาะรูเมนของแพะในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับการศึกษาของณัฐฐา (2552) ที่รายงานว่า กรดไอโซบิวทีริกของแพะที่ได้รับทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลระดับต่างๆเสริมด้ว ย อาหารข้น มีค่าอยู่ในช่วง 2.80-3.24 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด

สำหรับกรดวาเลอริกในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร แล ะค่าเฉลี่ยของกรดวาเลอริก มีค่าอยู่ในช่วง 1.29-1.42, 1.01-1.17 และ 1.04-1.23 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ในทำนองเดียวกัน ปริมาณกรดไอโซวาเลอริกในกระเพาะรูเมนของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนให้อาห าร 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารและค่าเฉลี่ยของกรดไอโซวาเลอริก มีค่าอยู่ในช่วง 3.74-4.01, 2.02-2.80 และ 2.88-3.30 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

ทั้งนี้ กรดไอโซบิวทีริก กรดวาเลอริก และ กรดไอโซวาเลอริก ในของเหลวจา กกระเพาะรูเมนของแพะ มีปริมาณน้อย ซึ่ง บุญล้อม (2541) กล่าวว่า กรดไขมันที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง มีปริมาณน้อย และบทบาทไม่ชัดเจน

สำหรับความเข้มข้น ของยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดแพะทั้ง 4 กลุ่มที่เวลา 0 ก่อนให้อาหาร และ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของยูเรีย -ไนโตรเจนในเลือด มีค่าอยู่ในช่วง 31.00-34.04 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร 33.76-36.50 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และ 32.46-34.80 มิลลิโมลต่อเดซิลิตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งความเข้มข้นของ ยูเรีย-ไนโตรเจนในเลือดแพะในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าระดับยูเรียไนโตรเจนปกติในแพะเล็กน้อย

โดย Lioyd (1982) รายงานว่า ระดับปกติของยูเรีย -ไนโตรเจนในเลือดแพะอยู่ในช่วง 11.2-27.7 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ทั้งนี้ความเข้มข้นของยูเรีย -ไนโตรเจนจะผันแปรขึ้นอยู่กับปัจจั ยหลายปัจจัย เช่น อายุ พันธุ์ อาหาร ปริมาณโปรตีนที่กินได้ และระดับแอมโมเนีย -ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะรูเมน เป็นต้น (Lewis, 1975; Kung and Huber, 1983)

จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์เชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบร่วมกับเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง แสดงดังตารางที่ 15 พบว่า แพะทั้ง 4 กลุ่มมีจำนวนแบคทีเรียและซูโอสปอร์ของเชื้อราในของเหลวในกระเพาะรูเมน ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.60-3.83 x 10^{10} และ 1.31-1.77 x 10^{5} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สอดคล้องกับ Hungate (1996) ที่รายงานว่า จำนวนประชากรแบคทีเรีย และซูโอ-สปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ในช่วง 10^{10}-10^{12} และ 10^{4}-10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ สำหรับ จำนวนโปรโตซัว ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร 4 ชั่วโมง หลังให้อาหาร และจำนวนประชากรโปรโตซัวทั้งหมด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และเมื่อพิจารณาชนิดของโปรโตซัว คือโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. และ *Holotrich* spp. พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนโปรโตซัวกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มากกว่า กลุ่ม *Holotrich* spp. (0.84-1.33 x 10^{6} และ 0.20-0.34 x 10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Russell (2002) ที่พบว่าโดยทั่วไปประชากรกลุ่ม *Entodiniomorphs* spp. มีจำนวนมากกว่าประชากรโปรโตซัว *Holotrich* spp.

ตารางที่ 15 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระ เพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
แบคทีเรียทั้งหมด (x 10^{10} เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	3.52	3.40	3.15	2.69	0.50	0.68	0.80
4 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	4.13	2.96	3.15	2.51	0.57	0.20	0.73
ค่าเฉลี่ย	3.83	3.18	3.15	2.60	0.44	0.27	0.72
โปรโตซัวทั้งหมด (x 10^{6} เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.38	1.10	1.28	1.12	0.25	0.67	0.65
4 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.20	1.39	0.90	0.95	0.24	0.13	0.68
ค่าเฉลี่ย	1.29	1.25	1.09	1.04	0.25	0.35	0.86

ตารางที่ 15 จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ (ต่อ)

โภชนะที่ย่อยได้	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
กลุ่ม Entodiniomorphs							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.03	0.81	1.00	0.91	0.18	0.86	0.73
4 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.88	1.16	0.68	0.76	0.19	0.36	0.61
ค่าเฉลี่ย	0.96	0.99	1.33	0.84	0.19	0.44	0.87
กลุ่ม Holotrichs							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.35	0.29	0.28	0.21	0.05	0.20	0.25
4 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	0.32	0.23	0.22	0.19	0.05	0.09	0.71
ค่าเฉลี่ย	0.34	0.26	0.25	0.20	0.05	0.16	0.42
ซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมด (x 10^5 เซลล์/มิลลิลิตร)							
0 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	2.17	1.96	1.48	1.95	0.31	0.55	0.93
4 ชั่วโมง ก่อนให้อาหาร	1.38	1.58	1.14	1.29	0.26	0.44	0.31
ค่าเฉลี่ย	1.77	1.77	1.31	1.62	0.22	0.39	0.51

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะและปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายในของเหลวจากกระเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ของแพะที่ได้อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริม เอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง แสดงดังตารางที่ 16 พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะและอนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้สูงสุด แตกต่างจากแพะที่รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะของแพะในการศึกษาในครั้งนี้ใกล้เคียงกับการรายงานของ Paengkoum และคณะ (2006) ที่พบว่าแพะพันธุ์ซาเนน (Saanen) ที่ได้รับอาหารที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันอบไอน้ำร่วมกับยูเรีย 30 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ขับอนุพันธ์พิวรีนรวมในปัสสาวะ 6.60 มิลลิโมลต่อวัน ซึ่งการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนใน

ปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้องขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ แหล่งโปรตีน และระดับโปรตีนในอาหาร แหล่งพลังงานและระดับของพลังงานในอาหาร และปริมาณอาหารที่กินได้ โดยเมื่อปริมาณอาหารที่กินได้และโปรตีนที่ได้รับเพิ่มขึ้น การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ได้รับไนโตรเจนจากอาหารที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์ที่ผลิตในกระเพาะรูเมนและไหลผ่านไปถูกย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เพิ่มขึ้น จึงมีการขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะเพิ่มขึ้น (โอภาส และทองสุข , 2547; Chen et al., 1992) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณอาหารที่แพะกินได้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีแนวโน้มสูงสุด (ตารางที่ 9) และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโปรตีนที่กินได้ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนและปริมาณโปรตีนที่ย่อยได้ที่แพะได้รับมีแนวโน้มสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับอื่นๆ ดังนั้นปริมาณโปรตีนของจุลินทรีย์ที่ผลิตในกระเพาะรูเมน อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ และอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง จึงมีค่าสูงสุด

สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มปริมาณอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมนสูงสุด (0.37 กิโลกรัมต่อวัน) ซึ่งโอภาส และทองสุข (2547) รายงานว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของสัตว์ ในการศึกษาครั้งนี้ แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีแนวโน้มของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้สูงสุด (ตารางที่ 12) จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนของแพะมีค่าสูงสุด สำหรับปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (5.81 กรัมไนโตรเจนต่อวัน)สูงสุด แตกต่างจากแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 และ 4 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (4.89 และ 4.92 กรัมไนโตรเจนต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะ ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าอยู่ในช่วง 24.62-31.19 กรัมต่อกิโลกรัมของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน สอดคล้องกับ ARC (1984) และCzerkawski (1986) ที่รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีค่าอยู่ในช่วง 25-35 กรัมต่อกิโลกรัมอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน

ตารางที่ 16 การขับออกของอนุพันธ์พิวรีนในปัสสาวะ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกร ะเพาะรูเมน และปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมด้วยเอนไซม์ระดับต่างๆ

ปัจจัยที่ศึกษา	ระดับเอนไซม์ที่เสริมในอาหาร (กรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				SEM	Contrast P-value [1/]	
	0	2	4	6		L	Q
อนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ[2/] (มิลลิโมล/วัน)	6.73[b]	8.00[a]	6.78[b]	7.33[ab]	0.21	0.56	0.14
อนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้[3/] (มิลลิโมล/วัน)	8.85[b]	10.53[a]	8.92[b]	9.65[ab]	0.28	0.57	0.14
ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน[4/] (กิโลกรัม/วัน)	0.29	0.37	0.34	0.32	0.03	0.02	3.51
ไนโตรเจนของจุลินทรีย์							
กรัมไนโตรเจน/วัน	4.89[b]	5.81[a]	4.92[b]	5.32[ab]	0.16	0.57	0.14
กรัมไนโตรเจน/กิโลกรัมของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน	26.62[ab]	31.19[a]	24.62[b]	26.36[ab]	1.76	0.39	0.45

[1/] L = Linear, Q = Quadratic

[2/] อะแลนโตอิน+ กรดยูริก + แซนทีน + ไฮโปแซนทีน (มิลลิโมล/ลิตร) x ปริมาตรปัสสาวะ (ลิตร/วัน)

[3/] (อนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะของแพะ (มิลลิโมล/วัน) /0.85) – (0.385 x น้ำหนักเมแทบอลิก)

[4/] ปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กิโลกรัม/วัน) x 0.65

[a, b] ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับต่างกันในแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

SEM = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

สรุป

จากการศึกษาผลการเสริมเอนไซม์ที่ผลิตจาก *Aspergillus* spp. BCC 274 ระดับต่างๆ ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ พบว่า การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งไม่มีผลทำให้ปริมาณอาหารที่กินได้ของแพะแตกต่างกัน แต่การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีผลทำใ ห้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โภชนะที่ย่อยได้รวม และสมดุลไนโตรเจนของแพะสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง นอกจากนี้ แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์

ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ยังมีปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง แสดงให้เห็นว่าการเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในแพะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการประเมินการย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส รวมทั้งการศึกษาการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ความสามารถในการย่อยสลายได้ขององค์ประกอบที่สามารถละลายได้ (a) และอัตราการผลิตแก๊ส (c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (b) 86.83, 81.67 และ 82.28 มิลลิลิตร ตามลำดับ และปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ง่ายและองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก (d) 94.26, 90.93 และ 90.37 มิลลิลิตร ตามลำดับ สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุ แห้ง (72.48 และ 79.79 มิลลิลิตร ตามลำดับ) นอกจากนี้ อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้และอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (2.72 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 74.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สูงกว่าอาหารผสมสำเร็จเ สริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 65.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ การเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งในอาหารผสมสำเร็จ มีแนวโน้มทำให้พลังงานใช้ ประโยชน์ได้ (2.49 และ 2.57 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง) และ อินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (69.00 และ 75.57 เปอร์เซ็นต์) เพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (2.34 เมกกะแคลอรีต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และ 65.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

2. ผลการเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะลูกผสมบอร์ -พื้นเมือง 50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้แพะมีปริมาณอาหารและปริมาณโภชนะที่กินได้ไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเรจเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง มีปริมาณกินได้วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนรวมอยู่ในช่วง 43.05-47.83, 39.41-44.30 และ 6.80-7.33 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนัก เมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ส่วนสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะและปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ พบว่า แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อ

กิโลกรัมวัตถุแห้ง มีสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโภชนะที่ย่อยได้รวม สูงกว่าแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง นอกจากนี้อาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ให้ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ใกล้เคียงกับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้เพื่อการดำรงชีพของแพะน้ำหนัก 35 กิโลกรัม สำหรับสมดุลไนโตรเจนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 2, 4 และ 6 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (0.93, 0.87 และ 0.91 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับ 0 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง (0.75 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อตัวต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 7.44-7.48 ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนจากขอ งเหลวในกระเพาะรูเมนมีค่าอยู่ในช่วง 16.25-17.33 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร และค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดอยู่ในช่วง 27.47-33.34 มิลลิโมลต่อลิตร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณากรดไขมันที่ระเหยง่ายแต่ละชนิด พบว่า ค่าเฉลี่ยของป ริมาณกรดอะซิติก (66.27-66.96 มิลลิโมลต่อลิตร) กรดโพรพิออนิก (12.80-13.10 มิลลิโมลต่อลิตร) และกรดบิวทีริก (10.00-10.76 มิลลิโมลต่อลิตร) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม อยู่ในช่วงค่าปกติ สำหรับค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของกรดแอซิติกต่อกรดโพรพิออนิกของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเ สริมเอนไซม์ทั้ง 4 กลุ่ม อยู่ในช่วง 5.11- 5.21 ($P>0.05$) นอกจากนี้จำนวนแบคทีเรีย โปรโตซัว และซูโอสปอร์ของเชื้อราในกระเพาะรูเมนของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม แพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอ นไซม์ที่ระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งมีปริมาณไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสูงสุด (5.89 กรัมไนโตรเจนต่อวัน) ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ที่ผลิตจาก *Aspergillus* spp. BCC 274 ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในระดับ 2 กรัมต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ทำให้การใช้ประโยชน์ของโภชนะในแพะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีโปรตีนรวมเพียงพอต่อความต้องการเพื่อการดำรงชีพและการให้ผลผลิตของแพะ แต่พลังงานใช้ประโยชน์ได้ในสูตรอาหารอยู่ในระดับที่เพียงพอเพื่อการดำรงชีพ ดังนั้นจึงควรคำนวณสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ที่เพียงพอกับความต้องการของแพะเพื่อการให้ผลผลิต

2. ควรมีการศึกษาการใช้เอนไซม์เสริมในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงแพะขุน

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร . 2553. สถานการณ์การผลิตปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.agriinfo.doae.go.th/plant_51/s_plant_51/_vegetation_51. tht. [เข้าถึงเมื่อ 19 มกราคม 2555].

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. ปาล์มน้ำมัน (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.aqriinfo. doae. go. th/ 5year/production/crop 51-55/ palm. pdf. [เข้าถึงเมื่อ 17 มิถุนายน 2556]

กรมปศุสัตว์. 2547. ตารางคุ ณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ . กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมปศุสัตว์. 2551. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ในประเทศไทย 2551. กรุงเทพฯ : ศูนย์สารสนเทศ กรมปศุสัตว์.

ขวัญดาว แต่งตั้ง, เจษฎา เนรมิตศรัทธา และ วุฒิชัย ผอมทอง. 2549. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ . รายงานปัญหาพิเศษ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จิตราภรณ์ เยียนเพชร และฉลอง วชิราภากร. 2553. ผลของระดับความชื้นและเอนไซม์ที่ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อการย่อยได้และ จลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส . การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2553. หน้า 322-325.

จิตราภรณ์ เยียนเพชร, ฉลอง วชิราภากร และเฉลิมพล เยื้องกลาง . 2554. ผลของเอนไซม์ย่อยเยื่อใยจาก 2 แหล่งต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตน้ำนมของโคนม. แก่นเกษตร 39 (ฉบับพิเศษ): 68-72.

ชรินทร์ เขียวจรัส. 2539. การใช้โปรไบโอติก เอนไซม์ และกรดอินทรีย์ในอาหารสัตว์ . ว. สัตวบาล 32: 23-39.

ณัฐฐา รัตนโกศล. 2552. การใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นอาหารหยาบสำหรับแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ณัฐพล เพ็งบุญโสม. 2548. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นที่มีต่อลักษณะและองค์ประกอบของซากแพะเพศผู้พื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย -แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

เทอดชัย เวียรศิลป์ . 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง . เชียงใหม่: บริษัท ทริโอ แอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์มีเดีย จำกัด.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงศ์ จันทรานิยม, ประกิจ ทอง และ วรรณาเลี้ยววาริน. 2545. คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน . สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ธำรง ทองจำรูญ ถาวร กบมาลี และสาโรจน์ เดชะพันธุ์. 2545. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแพะลูกผสมแองโกลนูเบียน 50% พื้นเมือง และ 50% บอร์ 50% พื้นเมือง. *ใน* ผลการวิจัย งานปศุสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2548. หน้า 193-199. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์.

นพพงษ์ ศรีอาจ. 2549. ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นที่มีต่อการกินได้และการเจริญเติบโตของแพะพื้นเมืองไทย และลูกผสมพื้นเมืองไทย -แองโกลนูเบียน 50 เปอร์เซ็นต์ เพศผู้ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

บัว สีลม. 2544. แพะพันธุ์ที่ฟาร์มสี่คิ้ว. นิตยสารเกษตรแนวใหม่ 1(7): 17-18.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล และบุญเสริม ชีวะอิสระกุล. 2525. การประเมินคุณภาพพืชหมัก . *ใน* วิธีการวิเคราะห์และทดลองทางโภชนศาสตร์สัตว์ . หน้า 103-111. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

ประดิษฐ์ อาจชมพู, ศิริศักดิ์ บริรักษ์ธนกุล, เกียรติศักดิ์ สร้อยสุวรรณ, สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒนะ และสมพร จันทระ . 2551. การพัฒนาทางใบปาล์มน้ำมันเป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับแพะ . เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการ การพัฒนาอาชีพการเลี้ยงแพะอย่างยั่งยืน งานแพะแห่งชาติครั้งที่ 5 ณ สวนสมเด็จพระศรีนครินทร์ นครศรีธรร มราช 23 เมษายน 2551 หน้า 57-66.

ประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช, วิฑูรย์ ประสงค์วัฒนา , เสาวลักษณ์ จิรกุลสมโชค , สร้อยสังวาล สาตรักษ์, เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และ เกียรติรัตน์ คุณารัตนพรักษ์ . 2526. ชีวเคมี เล่ม 1. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มินตรา ชาญศิลป์, เฉลิมพล เยื้องกลาง และฉลอง วชิราภากร. 2553. ผลของเอนไซม์ที่ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ต้นมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้และผลผลิตน้ำนมในโค . การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2553. หน้า 118-120.

เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ: หจก. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

วิชัย ปานสมุทร , วิทยา พงศ์พฤทธิ์ และชวน อินต๊ะรังสี . 2546. ปาล์มน้ำมัน . กรุงเทพฯ : สำนักพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน.

ศักดิ์ศิลป์ โชติสกุล และวินาภรณ์ กุฎีรัตน์. 2545. เอกสารวิชาการเรื่องปาล์มน้ำมัน. กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริม การเกษตร,

ศักดิ์สิทธิ์ สุริยะพรชัยกุล และวิภาวรรณ ปาณะพล . 2549. เอกสารวิชาการเรื่อง การผลิต และการตลาดแพะเนื้อ ภาคเหนือและภาคใต้ตอนบน. กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยเศรษฐกิจการปศุสัตว์ สำนักพัฒนาการปศุสัตว์และถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมปศุสัตว์.

ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี . 2532. ปาล์มน้ำมัน . กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สิรินทร์เนตร เลือดไทสง และฉลอง วชิราภากร . 2553. ผลของเอนไซม์ที่ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้นแตกต่างกันต่อจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สและการย่อยได้ . การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2553. หน้า 326-329.

สิรินทร์เนตร เลือดไทสง, ฉลอง วชิราภากร และเฉลิมพล เยื้องกล าง. 2554. ผลของระดับเอนไซม์ย่อยเยื่อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และผลผลิตน้ำนมในโคให้นม. แก่นเกษตร 39 (ฉบับพิเศษ): 73-77.

สุนทร รอดด้วง, ไชยวรรณ วัฒนจันทร์ และวันวิศาข์ งามผ่องใส . 2553. ผลของระดับทางใบปาล์มน้ำมัน หมักและอาหารข้นในอาหารผสมสำเร็จต่อปริมาณการกินได้ และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของ แพะเพศผู้ . การประชุมวิชาการเกษตรครั้งที่ 11 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม 2553. หน้า 134-137.

สุนทร รอดด้วง. 2555. ผลของการใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักในอาหารผสมสำเร็จต่อสมรรถ ภาพการผลิตและศักยภาพการผลิตและลักษณะซากแพะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

สุปรีณา ศรีใสคำ และปราโมทย์ แพงคำ . 2549. แนวทางการใช้เอนไซม์เซลลูเลสเพื่อปรับปรุงการย่อยได้ ของเยื่อใยในอาหารโคนม. วารสารโคนม 24(3): 11-21.

สุรชน ต่างวิวัฒน์. 2547. การเลี้ยงแพะ: (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http:// www.dld.go.th/servicel goat feed.html. [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2555]

โอภาส พิมพา และทองสุข เจตนา. 2547. การประเมินจุลินทรีย์โป รตีนโดยใช้สารอนุพันธ์พีรีนในปัสสาวะของสัตว์เคี้ยวเอื้อง. พิษณุโลก: โฟกัส มาสเตอร์ปริ้นต์.

Abu Hassan, O. 1994. Oil palm as feed resource. Proceedings of the 8th AAAP Animal Science Congress Vol III, Tokyo, Japan, 13-18 October 1996, pp. 30-42.

Abu Hassan, O., M. Ishida, I. Mohd Shukri and Z. Ahmad Tajuddin. 1998. Oil-Palm Fronds as a Roughage Feed Sources for Ruminant in Malaysia (online) Available at: http://www.agnet.org /library/eb/420/ [accessed on 19 January 2012]. pp. 134-135.

ARC. 1984. The Nutrition Requirement of Ruminant Livestock. Supplement No.1, Ruminants . London: commonwealth Agriculture Bureaux.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (15th ed.). Washington, D.C. : Association Official Analytical Chemists.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode and V. J. H. Sewalt. 1995. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. J. Anim. Sci. 75: 641-644.

Beauchemin, K. A., W. Z. Yang and L. M. Rode. 1999. Effects of grain source and enzyme additive on site and extent of nutrient digestion in dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 378–390.

Beauchemin, K. A., L. M. Rode, M. Maekawa, D. P. Morgavi and R. Kampen. 2000. Evaluation of a non-starch polysaccharidase feed enzyme in dairy cow diets. J. Dairy Sci. 83: 543–553.

Belenguer, A., D. Yañez, I. Balcelh, N. H. Qzdemir Baler, M. Gonzalez Ronquillo. 2002. Urinary excretion of purine derivatives and prediction of rumen microbial outflow in goats. Livestock Production Science 77: 127-135.

Brenes, A., B.A. Rotter, R.R. Marquardt and W. Guenter. 1993. The nutritional value of row, autoclaved and dehulled peas (*Pisum sativum*) in chiken diets as affected by enzyme supplemention. Can. J. Anim. Sci. 73: 605-614.

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

Chen, X. B., F. D. Deb. Hovell, E. R. Ørskov, D. S. Brown. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. Br. J. Nutr. 63: 131-142

Chen, X. B., Y. K. Chen, M. F. Franklin, E. R. Ørskov and W.J. Shan. 1992. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. J. Anim.Sci. 70: 1534-1542.

Chen, X. B., D. J. Kyle and E. R. Ørskov. 1993. Measurement of allantoin in urine and plasma by high-performance liquid chromatography with pre-column derivatization. J. Chromatogr. 617: 241-247.

Close, W. and K. H. Menke. 1986. Selected Topics in Animal Nutrition. A Manual prepared for the 3rd Hohenhiem Course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-Tropic. (2nd ed.) DSE: Feldafing.

Colombatto, D., F. L. Mould, M. K. Bhat, D. P. Morgavi, K. A. Beauchemin and E. Owen. 2003. Influence of fibrolytic enzymes on the hydolysis and fermentation of pure cellulose and xylan by mixed ruminal microorganism in vitro. J. Anim. Sci. 81: 1040-1050.

Czerkawski, J. W. 1986. An Introduction to Rumen Studies. NewYork: Pergamon Press.

Dahlan, I. 1996. Oil Palm by-product: its utilization and contribution for livestock industry. Proceedings of the Agricultural Conference on International Palm Oil Congress, Kuala Lumpur, Malaysia, 23-28 September 1996, pp. 269-274.

Dahlan, I., M. Islam and A. M. Rajion. 2000. Nutrient intake and digestibility of fresh, ensiled and pelleted oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13: 1407-1413.

Devendra, C. and M. Burns, M. 1983. Goat Production in Tropics. (2nd ed). Slough : Commonwealth Agricutural Bureaux.

Devendra, C. and G. D. McLeory. 1982. Goat and Sheep Production in the Tropics. New York: Longman Inc.

Eng, K. T., K. I. Ooi, A. Rosma and M. N. Mohd Azeml. 2005. Potential of oil palm fronds (OPF) as cultivation media for yeast growth. JIRCAS Working Report 39: 134-138.

Feng, P., C. W. Hunt, G. T. Pritchard and W. E. Julien. 1996. Effect of enzyme preparation on in situ and vitro degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass forage in beef steers. J. Anim. Sci. 74: 1349-1357.

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

Giraldo, L. A., M. L. Tejido, M. J. Ranilla, S. Ramos and M. D. Carro. 2008. Influence of direct-fed fibrolytic enzymes on diet digestibility and ruminal activity in sheep fed a grass hay-based diet. J. Anim. Sci. 86: 1617-1623.

Hungate, R. E. 1966. The Rumen and Its Microbes. New York: Academic Press.

Hristov, A. N., T. A. McAllister and K. J. Cheng. 1998. Effect of dietary or abomasal supplementation of exogenous polysaccharide degrading enzymes on rumen fermentation and nutrient digestibility. J. Anim. Sci. 76: 3146-3156.

Ishida, M. and O. Abu Hassan. 1997. Utilization of oil palm frond as cattle feed. JARQ 13: 41-47.

Islam, M., I. Dahlan., A. M. Rajion and A. Z. Jelan. 1998. Influence of urea and molasses on preservation of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond. Proceedings of the International Science Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 7-9 May 1997, pp. 147-148.

Islam, M., I. Dahlan, and M. A. Rajion, 2000. Effect of ensiling and pelleting on nutrient utilization of oil palm (*Elaeis guineensis*) frond by goats. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 : 133-136.

Josefa, M., M. M. Dolores and H. Fuensanta. 1999. Determination short chain volatile fatty acid in silages from artichoke and orange by-products by capillary gas chromatography. J. Sci. Food Agric. 79: 580-589.

Kearl, L. C. 1982. Nutrient Requirement of Ruminants in Developing Countries. Utah: International. Feedstuffs Institute, Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University.

Khamseekhiew, B., J. B. Liang, Z. A. Jelan and C. C. Wong. 2002. Fiber degradability of oil palm frond pellet. supplement with *Arachis pintoi* in cattle. Songklanakarin J. Sci. Technol. 24: 209-216.

Krause, M., K. A. Beauchemin, L. M. Rode, B. I. Farr. and P. Norgaard. 1998. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in high-grain diets fed to growing cattle. J. Anim. Sci. 76: 2912-2920.

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

Kung, L., Jr. R. J. Treacher, G. A. Nauman, A. M. Smagala, K. M. Endres and M. A. Cohen. 2000. The effect of treating forages with fibrolytic enzyme on its nutritive value and lactation performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 83: 115-122.

Kung, L, Jr., M. A. Cohen, L. M. Rode and R. J. Treacher. 2002. The effect of fibrolytic enzymes sprayed onto forages and fed in a total mixed ration to lactating dairy cows. J. Dary Sci. 85: 2396-2402.

Leng, R. A. 1990. Factors affecting the utilization of "poor quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition Research Reviews 3: 277-303.

Lewis, D. 1975. Blood urea concentrate in relation to protein utilization in the ruminant. J. Agric. Sci. (camb.) 48: 438-446.

Lloyd, s. 1982. Blood characteristics and the nutrition of ruminants. Br. Vet. J. 138: 70-85.

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

Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28: 7-55.

McAllister, T. A., S. J. Oosting, J. D. Popp, Z. Mir, L. J. Yanke, A. N. Hristov, R. J. Treacher and K.-J. Cheng. 1999. Effect of exogenous enzymes on digestibility of barley silage and growth performance of feedlot cattle. Can. J. Anim. Sci. 79: 353–360.

Mohd Sukri, H. I. 2003. Fattening of beef cattle with oil palm by-producs-Oil palm frond based diets. Proceedings of the 8th meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for Southeast Asia, Kuala Lumpur, Malaysia. 22-28 September 2003, pp. 71-75.

Morgavi, D. P., K. A. Beauchemin, V. L. Nsereko, L. M. Rode, A. D. Iwaasa, W. Z. Yang, T. A. McAllister and Y. Wang. 2000. Synergy between ruminal fibrolytic enzymes and enzymes from *Trichoderma longibrachiatum*. J. Dairy Sci. 83: 1310-1321.

NRC. 1981. Nutrient Requirements of Goat : Angora, Dairy and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries. Washington, D.C : National Academy Press.

Nsereko, V. L., K. A. Beauchemin, D. P. Morgavi, L. M. Rode, A. F. Furtado, T. A. McAllister, A. D. Iwaasa, W. Z. Yang and Y. Wang. 2002. Effect of a fibrolytic enzyme preparation from *Trichoderma longibranchiatum* on the rumen microbial population of dairy cows. Can. J. Anim. Microbiol. 48: 14-20.

Paengkoum, P., J. B. Liang, Z. A Jelan and M. Basery. 2006. Utilization of steam-treated oil palm frond in growing goats : I Supplementation with dietary urea. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19 : 1305-1313.

Pinos-Rodriguez, M. J., S. S. Gonzalez, R. Barcena, M. A. Cobus, A. Hernandez and M. E. Ortega. 2002. Effects of exogenous fibrolytic enzyme on ruminant fermentation and digestibility of alfalfa and ray-grass hay fed to lamb. J. Anim. Sci. 80: 3016-3020.

Perdok, H. B. and R. A Leng. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 3 : 269-279.

Preston, T. R., and R. A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics and Sub-Tropics. Armidales: Penumber Books.

Ørskov, E. R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92: 499-503.

Rode, L. M., W. Z. Yang and K. A. Beauchemin. 1999. Fibrolytic enzyme supplements for dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 82: 2121–2126.

Rode, L. M., T. A McAllister, K. A. Beauchemin, K. A., D. P. Morgavi, V. L. Nsereko, W. Z. Yang, A. D. Iwaasa and Y. Wang. 2001. Enzyme as direct – Feed additives for ruminants. *In* Biotechnology in Animal Husbandry (eds. R. Renaville and A. Burny), pp. 301-332. Doldrecht : Kluwa Academic Publishers.

Sallam, S. M. A., M. E. A. Nasser, A. M. Waziry, I. C. S. Bueno and A. L. Abdalla. 2007. Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate some ruminant feedstuffs. J. Applied Sci. Research 3: 34-41.

Shrestha, J. N. B. and M. H. Fahmy. 2007. Breeding goats for meat production: a review 3. Selection and breeding strategies. Small Rumin. Res. 67: 113-125.

Sinclair, L. A., P. C. Garnsworthy, J. R. Newbold and P. J. Battery. 1995. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J. Agric. Sci. Camb. 124: 463-472.

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

Sutton, J. D. 1985. Degestion and absorption of energy substrates in the lactation cow. J. Dairy Sci. 68: 1110-1120.

Tang, S. X., G. O. Tayo, Z. L. Tan, Z. H. Sun, L. X. Shen, C. S. Zhou, W. J. Xiao, G. P. Ren, X. F. Han and S. B. Shen. 2008. Effect of yeast culture and fibrolytic enzyme on in vitro fermentation characteristics of low-quality cereal straws. J. Anim. Sci. 86: 1164-1172.

Vadiveloo, J. 1986. The effect of alkali treatment of straw and dried palm-oil sludge on the intake and performance of goats of varying genotype. Agric. Wastes, 18: 233-245.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Wallace, R. J., S. J. A. Wallace, N. MaKain, V. L. Nsereko and G. F. Hartnell. 2001. Influence of supplementary fibrolytic enzymes on the fermentation of corn and grass silages by mixed ruminal microorganisms in vitro. J. Anim. Sci. 79: 1905-1916.

Wanapat, M. 2000. Rumen manipulation to increase the efficient use of local feed resources and productivity of ruminants in the tropics. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 13 (supplement) : 59-67.

Wan Zahari, M., S. Oshio, D. Mohd Jaffar, M. A. Najib, I. Mohd Yunus and M. S. Nor Ismail. 2000. Voluntary intake and digestibility of treated oil palm fronds. *In* Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders. (ed. L. 't Mannetje) pp. 103-105. Rome : FAO.

Wan Zahari, M. and A. R. Alimon. 2004. Use of palm kernel cake and oil palm by products in compound feed. Palm Oil Developments 40: 5-9.

Wilson, R. T. 1991. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. FAO Animal Production and Health Paper 88. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), pp. 231 Rome, Italy.

Yang, W. Z., K. A. Beauchemin and L. M. Rode. 1999. Effects of enzyme feed additives on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 82: 391–403.

Yang, W. Z., K. A. Beauchemin and L. M. Rode. 2000. A comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. J. Dairy Sci. 82: 2512–2520

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพประกอบการทำทางใบปาล์มหมักและอาหารผสมสำเร็จ

ภาพที่ 1 เตรียมทางใบปาล์มน้ำมันโดยตัดตรงส่วนก้านออก

ภาพที่ 2 การสับทางใบปาล์มน้ำมันด้วยเครื่องย่อยพืชสด

ภาพที่ 3 หมักทางใบปาล์มน้ำมันเป็นเวลา 1 เดือน

ภาพที่ 4 นำเอนไซม์มาผสมกับวัตถุดิบอาหารข้น

ภาพที่ 5 อาหารผสมสำเร็จ

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบการทดลอง

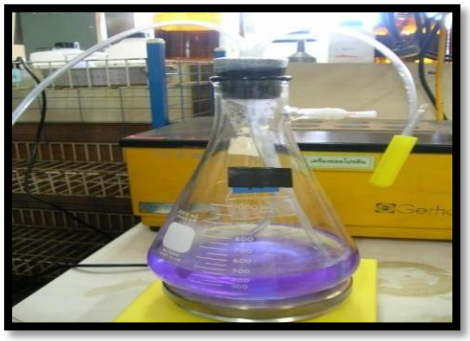
การทดลองที่ 1 การประเมินอินทรียวัตถุที่ย่อยได้และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มน้ำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ เสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ โดยใช้เทคนิคผลผลิตแก๊ส

ภาพที่ 6 ขวดใส่ตัวอย่าง

ภาพที่ 7 อุปกรณ์วัดปริมาณแก๊ส

ภาพที่ 8 การดูดของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 9 การกรองของเหลวจากกระเพาะรูเมน



ภาพที่ 10 สารละลายน้ำลายเทียมที่มีออกซิเจน

ภาพที่ 11 สารละลายน้ำลายเทียมที่ไร้ออกซิเจน

ภาพที่ 12 สารละลายผสมของน้ำลายเทียมและของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 13 การบ่มตัวอย่าง

การทดลองที่ 2 ผลการเสริมเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จที่ใช้ทางใบปาล์มนำมันหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบต่อการย่อยได้ของโภชนะและนิเวศวิทยาในกระเพาะรูเมนของแพะ

ภาพที่ 14 เครื่องชั่งน้ำหนักแพะทดลอง

ภาพที่ 15 อาหารผสมสำเร็จที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 16 ภาชนะรองรับมูลและปัสสาวะ

ภาพที่ 17 กรงหาการย่อยได้

ภาพที่ 18 การเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน

ภาพที่ 19 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ภาพที่ 20 การเก็บเลือด

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการย่อยสลายองค์ประกอบที่สามารถละลายน้ำได้ (ค่า a) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	47.377	15.792	2.16^{ns}
TRT	3	47.377	15.792	2.16^{ns}
ERROR	68	496.481	7.301	
TOTAL	71	543.858		

CV = 33.845 %

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สรวมทั้งหมด (ค่า b) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	1953.431	651.143	4.90**
TRT	3	1953.431	651.143	4.90**
ERROR	68	9030.312	132.798	
TOTAL	71	10983.743		

CV = 14.260 %

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถของอัตราการผลิตแก๊ส (ค่า c) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	0.004	0.001	1.45^{ns}
TRT	3	0.004	0.001	1.45^{ns}
ERROR	68	0.059	0.001	
TOTAL	71	0.063		

CV = 33.122 %

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของศักยภาพในการผลิตแก๊ส (ค่า d) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	2124.564	708.188	5.50**
TRT	3	2124.564	708.188	5.50**
ERROR	68	8753.123	128.722	
TOTAL	71	10877.687		

CV = 12.771 %

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 24 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	1075.964	358.655	4.05**
TRT	3	1075.964	358.655	4.05**
ERROR	68	6026.172	88.620	
TOTAL	71	7102.137		

CV = 15.296 %

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 48 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	1650.454	550.151	3.97**
TRT	3	1650.454	550.151	3.97**
ERROR	68	9428.968	138.661	
TOTAL	71	11079.422		

CV = 16.568 %

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณแก๊สสะสมชั่วโมงที่ 96 ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	1820.602	606.867	4.06**
TRT	3	1820.602	606.867	4.06**
ERROR	68	10159.772	149.408	
TOTAL	71	11980.374		

CV = 16.796 %

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	511.358	606.867	4.06*
TRT	3	511.358	606.867	4.06*
ERROR	68	10159.772	149.408	
TOTAL	71	11980.374		

CV = 16.796 %

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะจูล/กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	19.879	6.626	4.04*
TRT	3	19.879	6.626	4.04*
ERROR	68	111.555	1.641	
TOTAL	71	131.433		

CV = 12.020 %

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	3	46.393	15.464	10.23**
TRT	3	46.393	15.464	10.23**
ERROR	68	108.863	1.512	
TOTAL	71	155.256		

CV = 12.067 %

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	61332.258	6814.700	2.69ns
GOAT	3	42858.051	14286.017	5.64^{ns}
PERIOD	3	12493.741	4164.580	1.64^{ns}
TRT	3	5980.466	1993.489	0.79^{ns}
ERROR	6	15195.550	2532.592	
TOTAL	15	76527.808		

CV = 8.472 %

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.594	0.066	1.77^{ns}
GOAT	3	0.434	0.145	3.89^{ns}
PERIOD	3	0.068	0.023	0.61^{ns}
TRT	3	0.092	0.031	0.82^{ns}
ERROR	6	0.223	0.037	
TOTAL	15	0.816		

CV = 9.897 %

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอาหารผสมสำเร็จที่กินได้ (กรัมวัตถุแห้ง/กิโลกรัมน้ำหนักเมเทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	330.027	36.670	2.11^{ns}
GOAT	3	240.182	80.061	4.61^{ns}
PERIOD	3	42.490	14.163	0.82^{ns}
TRT	3	47.356	15.785	0.91^{ns}
ERROR	6	104.190	17.365	
TOTAL	15	434.218		

CV = 9.110 %

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	49517.491	5501.943	1.80^{ns}
GOAT	3	36380.157	12126.719	3.97^{ns}
PERIOD	3	10672.955	3557.652	1.17^{ns}
TRT	3	2464.379	821.460	0.27^{ns}
ERROR	6	18322.468	3053.745	
TOTAL	15	67.839.959		

CV = 10.072 %

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	294.359	32.707	2.13^{ns}
GOAT	3	204.894	68.298	4.46*
PERIOD	3	39.188	13.063	0.85^{ns}
TRT	3	50.278	16.760	1.09^{ns}
ERROR	6	91.957	15.326	
TOTAL	15	386.316		

CV = 9.266 %

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1282.451	142.495	3.86*
GOAT	3	1092.231	364.076	9.87**
PERIOD	3	116.702	38.901	1.05^{ns}
TRT	3	73.518	24.506	0.66^{ns}
ERROR	6	221.369	36.895	
TOTAL	15	1503.820		

CV = 6.566 %

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	6.721	0.747	2.64ns
GOAT	3	5.826	1.942	6.86*
PERIOD	3	0.264	0.088	0.31ns
TRT	3	0.631	0.210	0.74ns
ERROR	6	1.698	0.283	
TOTAL	15	8.418		

CV = 7.467 %

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณผนังเซลล์ที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	18846.016	2094.002	3.17ns
GOAT	3	12563.014	4187.671	6.35*
PERIOD	3	3105.779	1035.260	1.57ns
TRT	3	3177.223	1059.074	1.60ns
ERROR	6	3959.560	659.927	
TOTAL	15	22805.575		

CV = 7.926 %

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผนังเซลล์ที่กินได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	92.740	10.304	2.29^{ns}
GOAT	3	69.266	23.089	5.12*
PERIOD	3	9.192	3.064	0.68^{ns}
TRT	3	14.281	4.760	1.06^{ns}
ERROR	6	27.035	4.506	
TOTAL	15	119.775		

CV = 8.515 %

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	7179.716	797.716	3.26^{ns}
GOAT	3	5900.610	1966.870	8.04**
PERIOD	3	1076.318	358.773	1.47^{ns}
TRT	3	202.515	67.505	0.28^{ns}
ERROR	6	1468.406	244.734	
TOTAL	15	8647.848		

CV = 7.133 %

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณลิกโนเซลลูโลสที่กินได้ (กรัม/ กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	37.215	4.135	2.21^{ns}
GOAT	3	32.298	10.766	5.76*
PERIOD	3	2.860	0.953	0.51^{ns}
TRT	3	2.057	0.686	0.37^{ns}
ERROR	6	11.213	1.869	
TOTAL	15	48.428		

CV = 8.094 %

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1056.786	117.421	5.48^{*}
GOAT	3	594.720	198.240	9.25^{**}
PERIOD	3	133.476	44.492	2.08^{ns}
TRT	3	328.590	109.530	5.11^{*}
ERROR	6	128.599	21.433	
TOTAL	15	1185.385		

CV = 8.663 %

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	712.250	79.139	5.66*
GOAT	3	376.117	125.372	8.97**
PERIOD	3	111.005	37.002	2.65ns
TRT	3	225.128	75.043	5.37*
ERROR	6	83.836	13.973	
TOTAL	15	796.085		

CV = 6.256 %

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	348.126	38.681	2.18ns
GOAT	3	199.907	66.636	3.76ns
PERIOD	3	83.897	27.966	1.58ns
TRT	3	64.322	21.441	1.21ns
ERROR	6	106.463	17.744	
TOTAL	15	454.589		

CV = 6.071 %

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1856.391	212.248	2.19^{ns}
GOAT	3	1134.619	117.634	4.02^{ns}
PERIOD	3	276.538	313.941	0.98^{ns}
TRT	3	445.234	205.167	1.58^{ns}
ERROR	6	564.426	60.189	
TOTAL	15	2420.817		

CV = 24.083 %

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์ การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอกซ์แทรก (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	281.544	31.283	9.51^{**}
GOAT	3	215.728	71.909	21.85^{**}
PERIOD	3	14.444	4.815	1.46^{ns}
TRT	3	51.372	17.124	5.20^{*}
ERROR	6	19.745	3.291	
TOTAL	15	301.289		

CV = 2.221 %

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของผนังเซลล์ (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	720.354	80.039	1.22^{ns}
GOAT	3	443.678	147.893	2.25^{ns}
PERIOD	3	191.965	63.988	0.97^{ns}
TRT	3	84.712	28.237	0.43^{ns}
ERROR	6	393.966	65.661	
TOTAL	15	1114.321		

CV = 13.158 %

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแ ปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของลิกโนเซลลูโลส (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	774.116	86.013	4.72*
GOAT	3	594.609	198.203	10.87**
PERIOD	3	70.998	23.667	1.30^{s}
TRT	3	108.509	36.169	1.98^{ns}
ERROR	6	109.389	18.231	
TOTAL	15	883.505		

CV = 6.854 %

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของโภชนะที่ย่อยได้รวม (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	556.540	61.838	6.06*
GOAT	3	305.539	101.846	9.98**
PERIOD	3	81.513	27.171	2.66ns
TRT	3	169.488	56.496	5.53*
ERROR	6	61.244	10.207	
TOTAL	15	617.784		

CV = 5.545 %

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกะแคลอรี/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.120	0.124	5.10*
GOAT	3	0.690	0.230	9.42**
PERIOD	3	0.194	0.065	2.64ns
TRT	3	0.236	0.079	2.23ns
ERROR	6	0.147	0.024	
TOTAL	15	1.127		

CV = 12.404 %

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (เมกกะแคลอรี/กิโลกรัมวัตถุแห้ง) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.079	0.120	5.10*
GOAT	3	0.681	0.227	9.65**
PERIOD	3	0.197	0.066	2.79*
TRT	3	0.202	0.067	2.86^{ns}
ERROR	6	0.141	0.024	
TOTAL	15			

CV = 12.373 %

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	73988.230	8220.914	4.96*
GOAT	3	46567.418	15522.473	9.36**
PERIOD	3	13519.962	4506.654	2.72^{ns}
TRT	3	13900.850	4633.617	2.80^{ns}
ERROR	6	83933.384	1657.526	
TOTAL	15	87441.548		

CV = 12.489 %

ตารางภาคผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	434.201	48.245	6.03**
GOAT	3	265.080	88.360	11.05**
PERIOD	3	59.844	19.948	2.49^{ns}
TRT	3	109.278	36.426	4.55*
ERROR	6	47.989	7.998	
TOTAL	15	482.190		

CV = 11.100 %

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อย ได้ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1606.327	178.481	4.32^{ns}
GOAT	3	1183.617	394.539	9.55**
PERIOD	3	249.027	83.009	2.01^{ns}
TRT	3	173.683	57.894	1.40^{ns}
ERROR	6	248.001	41.334	
TOTAL	15	1854.329		

CV = 9.960 %

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโปรตีนรวมที่ย่อยได้ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	8.485	0.943	5.48*
GOAT	3	6.297	2.099	12.21**
PERIOD	3	0.928	0.310	1.80^{ns}
TRT	3	1.260	0.420	2.44^{ns}
ERROR	6	1.032	0.172	
TOTAL	15	9.516		

CV = 8.356 %

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	45.274	5.303	4.79*
GOAT	3	17.848	5.950	5.66*
PERIOD	3	3.684	1.228	1.17*
TRT	3	23.741	7.914	7.53**
ERROR	6	6.303	1.051	
TOTAL	15	51.577		

CV = 7.355 %

ตารางภาคผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจนที่ได้รับ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.230	0.026	4.38*
GOAT	3	0.105	0.035	6.00*
PERIOD	3	0.019	0.006	1.11
TRT	3	0.106	0.035	6.04*
ERROR	6	0.035	0.006	
TOTAL	15	0.265		

CV = 7.055 %

ตารางภาคผนวกที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูล (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	4.223	0.469	2.08^{ns}
GOAT	3	2.049	0.683	3.04^{ns}
PERIOD	3	1.272	0.424	1.88^{ns}
TRT	3	0.901	0.300	1.33^{ns}
ERROR	6	1.350	0.225	
TOTAL	15	5.573		

CV = 9.465 %

ตารางภาคผนวกที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมู ล (กรัม/กิโลกรัมเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.002	0.000	1.02^{ns}
GOAT	3	0.001	0.000	1.78^{ns}
PERIOD	3	0.000	0.000	0.59^{ns}
TRT	3	0.000	0.000	0.68^{ns}
ERROR	6	0.001	0.000	
TOTAL	15	0.003		

CV = 5.538 %

ตารางภาคผนวกที่ 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทาง ปัสสาวะ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	25.565	2.841	2.08^{ns}
GOAT	3	14.873	4.958	3.64^{ns}
PERIOD	3	3.368	1.123	0.82^{ns}
TRT	3	7.324	2.441	1.79^{ns}
ERROR	6	8.179	1.363	
TOTAL	15	33.744		

CV = 18.803 %

ตารางภาคผนวกที่ 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางปัสสาวะ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.011	0.001	1.37^{ns}
GOAT	3	0.002	0.001	0.63^{ns}
PERIOD	3	0.005	0.002	1.88^{ns}
TRT	3	0.004	0.002	1.59^{ns}
ERROR	6	0.005	0.001	
TOTAL	15	0.017		

CV = 13.944 %

ตารางภาคผนวกที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	23.161	2.578	1.36^{ns}
GOAT	3	12.542	4.180	2.22^{ns}
PERIOD	3	3.959	1.320	0.70^{ns}
TRT	3	6.660	2.220	1.18^{ns}
ERROR	6	11.319	1.886	
TOTAL	15	34.480		

CV = 12.236 %

ตารางภาคผนวกที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะ (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก /ตัว/วัน) ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.012	0.001	0.96^{ns}
GOAT	3	0.003	0.001	0.77^{ns}
PERIOD	3	0.006	0.002	1.54^{ns}
TRT	3	0.002	0.001	0.56^{ns}
ERROR	6	0.008	0.001	
TOTAL	15	0.020		

CV = 7.970 %

ตารางภาคผนวกที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกทางมูลและปัสสาวะต่อปริมาณไนโตรเจนที่กิน (เปอร์เซ็นต์) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2137.385	237.487	1.60^{ns}
GOAT	3	1724.884	574.961	3.88^{ns}
PERIOD	3	64.925	21.642	0.15^{ns}
TRT	3	347.577	115.859	0.78^{ns}
ERROR	6	888.949	148.158	
TOTAL	15	3026.334		

CV = 14.664 %

ตารางภาคผนวกที่ 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมดุลไนโตรเจน (กรัม/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.631	0.070	8.90**
GOAT	3	0.095	0.032	4.01^{ns}
PERIOD	3	0.511	0.170	21.61**
TRT	3	0.026	0.009	1.08^{ns}
ERROR	6	0.047	0.008	
TOTAL	15	0.678		

CV = 4.183 %

ตารางภาคผนวกที่ 46 ผลการวิเคราะห์ ความแปรปรวนของสมดุลไนโตรเจน (กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิก/ตัว/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.207	0.023	4.66*
GOAT	3	0.105	0.035	7.08*
PERIOD	3	0.024	0.008	1.64ns
TRT	3	0.078	0.026	5.26*
ERROR	6	0.030	0.005	
TOTAL	15	0.237		

CV = 8.108 %

ตารางภาคผนวกที่ 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด – ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.640	0.071	2.37^{ns}
GOAT	3	0.065	0.021	0.72^{ns}
PERIOD	3	0.575	0.192	6.39*
TRT	3	0.000	0.000	0.00^{ns}
ERROR	6	0.180	0.030	
TOTAL	15	0.820		

CV = 2.294 %

ตารางภาคผนวกที่ 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด -ด่างของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง หลังให้อาหารของแพะอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.331	0.037	2.03^{ns}
GOAT	3	0.037	0.012	0.68^{ns}
PERIOD	3	0.282	0.094	5.18*
TRT	3	0.012	0.004	0.22^{ns}
ERROR	6	0.109	0.109	
TOTAL	15	0.440		

CV = 1.830 %

ตารางภาคผนวกที่ 49 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความเป็นกรด -ด่างเฉลี่ยของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะ ที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.434	0.048	2.17^{ns}
GOAT	3	0.043	0.014	0.64^{ns}
PERIOD	3	0.388	0.129	5.81*
TRT	3	0.003	0.001	0.04^{ns}
ERROR	6	0.133	0.002	
TOTAL	15	0.567		

CV = 2.001 %

ตารางภาคผนวกที่ 50 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	23.516	2.613	1.98^{ns}
GOAT	3	2.407	0.802	0.61^{ns}
PERIOD	3	16.657	5.552	4.22^{ns}
TRT	3	4.452	1.484	1.13^{ns}
ERROR	6	7.903	1.317	
TOTAL	15	31.418		

CV = 6.872 %

ตารางภาคผนวกที่ 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมงหลังให้อาหารของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	62.205	6.912	1.76^{ns}
GOAT	3	14.013	4.671	1.19^{ns}
PERIOD	3	26.055	8.685	2.21^{ns}
TRT	3	22.137	7.379	1.88^{ns}
ERROR	6	23.567	3.928	
TOTAL	15	85.772		

CV = 11.937 %

ตารางภาคผนวกที่ 52 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของความ เข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัม/เดซิลิตร) ของของเลวจากกระเพาะรูเมนเฉลี่ยของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	5.628	0.625	0.83^{ns}
GOAT	3	2.372	0.791	1.05^{ns}
PERIOD	3	0.352	0.117	0.16^{ns}
TRT	3	2.904	0.968	1.28^{ns}
ERROR	6	4.527	0.755	
TOTAL	15	10.156		

CV = 5.188 %

ตารางภาคผนวกที่ 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	197.660	21.962	2.68^{ns}
GOAT	3	39.387	13.129	1.60^{ns}
PERIOD	3	145.540	49.180	5.99*
TRT	3	10.733	3.578	0.44^{ns}
ERROR	6	49.224	8.204	
TOTAL	15	246.884		

CV = 11.392 %

ตารางภาคผนวกที่ 54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	755.460	83.940	7.81**
GOAT	3	420.692	140.231	13.05**
PERIOD	3	150.085	50.028	4.66*
TRT	3	184.683	61.561	5.73*
ERROR	6	64.475	10.746	
TOTAL	15	819.935		

CV = 9.143 %

ตารางภาคผนวกที่ 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไขมันที่ระเหยง่าย ทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล /ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	298.949	33.217	10.37**
GOAT	3	172.925	57.642	18.00**
PERIOD	3	69.824	23.275	7.27**
TRT	3	56.200	18.733	5.85**
ERROR	6	19.215	3.202	
TOTAL	15	318.163		

CV = 5.858 %

ตารางภาคผนวกที่ 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดกรดอะซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	161.056	17.895	2.44^{ns}
GOAT	3	14.004	4.668	0.64^{ns}
PERIOD	3	123.974	41.325	5.64*
TRT	3	23.078	7.693	1.05^{ns}
ERROR	6	43.977		
TOTAL	15	205.053		

CV = 4.247 %

ตารางภาคผนวกที่ 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดกรดอะซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	16.796	1.866	0.46^{ns}
GOAT	3	3.161	1.054	0.26^{ns}
PERIOD	3	3.344	1.115	0.28^{ns}
TRT	3	10.290	3.430	0.85^{ns}
ERROR	6	24.867	4.014	
TOTAL	15	40.882		

CV = 2.880 %

ตารางภาคผนวกที่ 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดอะซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอา หารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	30.413	3.379	1.00^{ns}
GOAT	3	23.283	7.761	2.29^{ns}
PERIOD	3	2.456	0.819	0.24^{ns}
TRT	3	4.673	1.558	0.46^{ns}
ERROR	6	20.317	3.386	
TOTAL	15	50.730		

CV = 2.752 %

ตารางภาคผนวกที่ 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	6.613	0.735	2.48^{ns}
GOAT	3	4.589	1.529	5.17*
PERIOD	3	1.757	0.586	1.98^{ns}
TRT	3	0.268	0.090	0.30^{ns}
ERROR	6	1.777	0.296	
TOTAL	15	8.390		

CV = 4.483 %

ตารางภาคผนวกที่ 60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	18.268	2.030	2.96^{ns}
GOAT	3	3.356	1.179	1.72^{ns}
PERIOD	3	14.291	4.764	6.96*
TRT	3	0.441	0.147	0.21^{ns}
ERROR	6	4.109	0.685	
TOTAL	15	22.378		

CV = 6.050 %

ตารางภาคผนวกที่ 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.315	0.257	4.07*
GOAT	3	0.522	0.174	2.75^{ns}
PERIOD	3	1.647	0.549	8.68**
TRT	3	0.147	0.049	0.77^{ns}
ERROR	6	0.380	0.063	
TOTAL	15	2.694		

CV = 7.046 %

ตารางภาคผนวกที่ 62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังอาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	6.037	0.671	4.92*
GOAT	3	3.268	1.089	7.98**
PERIOD	3	1.158	0.386	2.83^{ns}
TRT	3	1.612	0.537	3.94^{ns}
ERROR	6	0.818	0.136	
TOTAL	15	6.856		

CV = 15.149 %

ตารางภาคผนวกที่ 63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไอโซบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.157	0.240	2.61^{ns}
GOAT	3	1.005	0.335	3.65^{ns}
PERIOD	3	0.781	0.260	2.83^{ns}
TRT	3	0.371	0.124	1.35^{ns}
ERROR	6	0.551	0.092	
TOTAL	15	2.708		

CV = 10.089 %

ตารางภาคผนวกที่ 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	33.517	3.724	9.19**
GOAT	3	2.271	0.907	2.24^{ns}
PERIOD	3	26.857	8.952	22.10**
TRT	3	3.939	1.313	3.24^{ns}
ERROR	6	2.431	0.405	
TOTAL	15	35.948		

CV = 6.067 %

ตารางภาคผนวกที่ 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	15.711	1.746	1.15^{ns}
GOAT	3	2.460	0.820	0.54^{ns}
PERIOD	3	12.631	4.210	2.78^{ns}
TRT	3	0.620	2.207	0.14^{ns}
ERROR	6	9.091	1.515	
TOTAL	15	24.802		

CV = 11.674 %

ตารางภาคผนวกที่ 66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	18.561	2.062	2.98^{ns}
GOAT	3	1.412	0.471	0.68ns
PERIOD	3	15.652	5.217	7.53**
TRT	3	1.497	0.499	0.72^{ns}
ERROR	6	4.157	0.693	
TOTAL	15	22.719		

CV = 7.916 %

ตารางภาคผนวกที่ 67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.446	0.163	1.26^{ns}
GOAT	3	0.632	0.211	1.64^{ns}
PERIOD	3	0.593	0.198	1.53^{ns}
TRT	3	0.241	0.080	0.62^{ns}
ERROR	6	0.773	0.129	
TOTAL	15	2.239		

CV = 28.066 %

ตารางภาคผนวกที่ 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.239	0.027	1.42^{ns}
GOAT	3	0.115	0.038	2.05^{ns}
PERIOD	3	0.063	0.021	1.12^{ns}
TRT	3	0.061	0.020	1.09^{ns}
ERROR	6	0.112	0.019	
TOTAL	15	0.351		

CV = 12.832 %

ตารางภาคผนวกที่ 69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.138	0.015	1.60^{ns}
GOAT	3	0.069	0.023	2.39^{ns}
PERIOD	3	0.045	0.015	1.54^{ns}
TRT	3	0.025	0.008	0.86^{ns}
ERROR	6	0.058	0.010	
TOTAL	15	0.196		

CV = 8.061 %

ตารางภาคผนวกที่ 70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.313	0.257	1.61^{ns}
GOAT	3	0.620	0.207	1.29^{ns}
PERIOD	3	1.503	0.501	3.13^{ns}
TRT	3	0.190	0.063	0.40^{ns}
ERROR	6	0.959	0.160	
TOTAL	15	3.272		

CV = 10.340 %

ตารางภาคผนวกที่ 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	7.166	0.796	2.29^{ns}
GOAT	3	3.870	1.290	3.70^{ns}
PERIOD	3	1.657	0.552	1.59^{ns}
TRT	3	1.638	0.546	1.57^{ns}
ERROR	6	2.091	0.348	
TOTAL	15	9.256		

CV = 26.118 %

ตารางภาคผนวกที่ 72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดไอโซวาเลอริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.485	0.276	1.59^{ns}
GOAT	3	1.077	0.359	2.06^{ns}
PERIOD	3	1.046	0.349	2.00^{ns}
TRT	3	0.362	0.121	0.69^{ns}
ERROR	6	1.044	0.174	
TOTAL	15	3.529		

CV = 13.614 %

ตารางภาคผนวกที่ 73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.909	0.101	0.32^{ns}
GOAT	3	0.407	0.136	0.43^{ns}
PERIOD	3	0.336	0.112	0.36^{ns}
TRT	3	0.165	0.055	0.18^{ns}
ERROR	6	1.879	0.313	
TOTAL	15	2.788		

CV = 10.619 %

ตารางภาคผนวกที่ 74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.129	0.237	1.21^{ns}
GOAT	3	1.925	0.641	3.29^{ns}
PERIOD	3	0.099	0.033	0.17^{ns}
TRT	3	0.105	0.035	0.18^{ns}
ERROR	6	1.170	0.195	
TOTAL	15	3.299		

CV = 8.621 %

ตารางภาคผนวกที่ 75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเข้มข้นเฉลี่ยของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมน (มิลลิโมล/ลิตร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.392	0.155	0.71^{ns}
GOAT	3	1.185	0.395	1.81^{ns}
PERIOD	3	0.180	0.060	0.28^{ns}
TRT	3	0.028	0.009	0.04^{ns}
ERROR	6	1.308	0.218	
TOTAL	15	2.700		

CV = 9.033 %

ตารางภาคผนวกที่ 76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	45.051	5.006	1.32^{ns}
GOAT	3	5.383	1.794	0.47^{ns}
PERIOD	3	15.627	5.210	1.38^{ns}
TRT	3	24.040	1.794	2.12^{ns}
ERROR	6	22.729	3.778	
TOTAL	15	67.780		

CV = 6.074 %

ตารางภาคผนวกที่ 77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	83.117	9.235	1.15^{ns}
GOAT	3	26.646	8.882	1.11^{ns}
PERIOD	3	36.631	12.210	1.52^{ns}
TRT	3	19.841	6.614	0.82^{ns}
ERROR	6	48.158	8.026	
TOTAL	15	131.276		

CV = 7.970 %

ตารางภาคผนวกที่ 78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ยของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	45.719	5.080	2.04^{ns}
GOAT	3	16.605	5.535	2.22^{ns}
PERIOD	3	15.953	5.318	2.13^{ns}
TRT	3	13.161	4.387	1.76^{ns}
ERROR	6	14.947	2.491	
TOTAL	15	60.666		

CV = 4.682 %

ตารางภาคผนวกที่ 79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	23.729	2.637	3.55^{ns}
GOAT	3	2.480	0.827	1.11^{ns}
PERIOD	3	19.619	6.540	8.80**
TRT	3	1.630	0.543	0.73^{ns}
ERROR	6	4.458	0.743	
TOTAL	15	20.187		

CV = 27.036 %

ตารางภาคผนวกที่ 80 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	18.513	2.060	1.54^{ns}
GOAT	3	10.523	3.508	2.63^{ns}
PERIOD	3	3.576	1.192	0.89^{ns}
TRT	3	4.414	1.471	1.10^{ns}
ERROR	6	8.015	1.336	
TOTAL	15	26.528		

CV = 33.920 %

ตารางภาคผนวกที่ 81 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนแบคทีเรียเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	10.190	1.132	1.45^{ns}
GOAT	3	6.815	2.271	2.91^{ns}
PERIOD	3	0.338	0.113	0.14^{ns}
TRT	3	0.037	0.012	1.29^{ns}
ERROR	6	4.691	0.782	
TOTAL	15	14.881		

CV = 27.758 %

ตารางภาคผนวกที่ 82 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.859	0.207	1.67^{ns}
GOAT	3	0.904	0.301	2.43^{ns}
PERIOD	3	0.848	0.281	2.27^{ns}
TRT	3	0.111	0.037	0.30^{ns}
ERROR	6	0.744	0.124	
TOTAL	15	2.603		

CV = 37.555 %

ตารางภาคผนวกที่ 83 ผลก รวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	2.552	0.284	2.07^{ns}
GOAT	3	0.561	0.189	1.38^{ns}
PERIOD	3	1.443	0.481	3.51^{ns}
TRT	3	0.541	0.180	1.31^{ns}
ERROR	6	0.823	0.137	
TOTAL	15	3.374		

CV = 42.618 %

ตารางภาคผนวกที่ 84 ผลก รวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Entodiniomorphs เฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.529	0.170	2.64^{ns}
GOAT	3	0.466	0.155	2.42^{ns}
PERIOD	3	0.994	0.331	5.16*
TRT	3	0.070	0.023	0.36^{ns}
ERROR	6	0.385	0.064	
TOTAL	15	1.915		

CV = 28.027 %

ตารางภาคผนวกที่ 85 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รั บอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.126	0.014	1.15^{ns}
GOAT	3	0.023	0.008	0.62^{ns}
PERIOD	3	0.066	0.022	1.80^{ns}
TRT	3	0.038	0.013	1.04^{ns}
ERROR	6	0.073	0.012	
TOTAL	15	0.199		

CV = 38.820 %

ตารางภาคผนวกที่ 86 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.130	0.014	2.71^{ns}
GOAT	3	0.071	0.024	4.39*
PERIOD	3	0.022	0.007	1.35^{ns}
TRT	3	0.038	0.013	2.37^{ns}
ERROR	6	0.032	0.005	
TOTAL	15	0.162		

CV = 30.319 %

ตารางภาคผนวกที่ 87 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัว กลุ่ม Holotrichs เฉลี่ย ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.157	0.017	1.49^{ns}
GOAT	3	0.098	0.033	2.81^{ns}
PERIOD	3	0.018	0.006	0.52^{ns}
TRT	3	0.040	0.013	1.15^{ns}
ERROR	6	0.070	0.012	
TOTAL	15	0.227		

CV = 41.573 %

ตารางภาคผนวกที่ 88 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัวทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.006	0.112	0.39^{ns}
GOAT	3	0.743	0.248	0.87^{ns}
PERIOD	3	0.091	0.030	0.11^{ns}
TRT	3	0.172	0.057	0.20^{ns}
ERROR	6	1.703	0.284	
TOTAL	15	2.709		

CV = 43.026 %

ตารางภาคผนวกที่ 89 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโตซัวทั้งหมด ในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	3.096	0.344	4.47*
GOAT	3	1.253	0.418	542*
PERIOD	3	1.200	0.400	5.19*
TRT	3	0.643	0.214	2.78^{ns}
ERROR	6	0.462	0.077	
TOTAL	15	3.558		

CV = 25.013 %

ตารางภาคผนวกที่ 90 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโปรโต ซัวเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.696	0.077	2.16^{ns}
GOAT	3	0.363	0.121	3.37^{ns}
PERIOD	3	0.160	0.053	1.49^{ns}
TRT	3	0.173	0.058	1.61^{ns}
ERROR	6	0.215	0.036	
TOTAL	15	0.911		

CV = 47.855 %

ตารางภาคผนวกที่ 91 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่ 0 ชั่วโมง (ก่อนให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	3.660	0.407	1.06^{ns}
GOAT	3	1.777	0.592	1.54^{ns}
PERIOD	3	0.866	0.289	0.75^{ns}
TRT	3	1.017	0.339	0.88^{ns}
ERROR	6	2.305	0.384	
TOTAL	15	5.965		

CV = 32.770 %

ตารางภาคผนวกที่ 92 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 4 ชั่วโมง (หลังให้อาหาร) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.245	0.138	0.52^{ns}
GOAT	3	0.775	0.258	0.98^{ns}
PERIOD	3	0.049	0.016	0.06^{ns}
TRT	3	0.421	0.140	0.53^{ns}
ERROR	6	1.588	0.265	
TOTAL	15	2.833		

CV = 38.196 %

ตารางภาคผนวกที่ 93 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนซูโอสปอร์ของเชื้อราเฉลี่ยในของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	1.754	0.195	0.98^{ns}
GOAT	3	1.017	0.339	1.70^{ns}
PERIOD	3	0.163	0.054	0.27^{ns}
TRT	3	0.574	0.191	0.96^{ns}
ERROR	6	1.194	0.199	
TOTAL	15	2.948		

CV = 27.593 %

ตารางภาคผนวกที่ 94 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอนุพันธ์พิวรีนที่ขับออกในปัสสาวะ (มิลลิโมล/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	14.127	1.570	8.60**
GOAT	3	5.375	1.792	9.82**
PERIOD	3	4.520	1.507	8.26**
TRT	3	4.233	1.411	7.73**
ERROR	6	1.095	0.182	
TOTAL	15	15.222		

CV = 5.925 %

ตารางภาคผนวกที่ 95 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอนุพันธ์พิวรีนที่ดูดซึมที่ลำไส้ (มิลลิโมล/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	24.496	2.722	8.58**
GOAT	3	9.318	3.106	9.79**
PERIOD	3	7.829	2.610	8.23**
TRT	3	7.349	2.450	7.72**
ERROR	6	1.903	0.317	
TOTAL	15	26.399		

CV = 5.938 %

ตารางภาคผนวกที่ 96 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (กิโลกรัม/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	0.012	0.001	3.14^{ns}
GOAT	3	0.004	0.001	2.84^{ns}
PERIOD	3	0.007	0.002	5.66*
TRT	3	0.001	0.000	0.94^{ns}
ERROR	6	0.003	0.000	
TOTAL	15	0.015		

CV = 10.615 %

ตารางภาคผนวกที่ 97 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจนขอ งจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน/วัน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	7.446	0.827	8.60**
GOAT	3	2.844	0.948	9.85**
PERIOD	3	2.370	0.790	8.21**
TRT	3	2.233	0.744	7.74**
ERROR	6	0.577	0.096	
TOTAL	15	8.024		

CV = 5.928 %

ตารางภาคผนวกที่ 98 ผลก ารวิเคราะห์ความแปรปรวนของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (กรัมไนโตรเจน /กิโลกรัมของอินทรียวัตถุในกระเพาะรูเมน) ของแพะที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จเสริมเอนไซม์ที่ระดับต่างๆ

SOURCE	DF	SS	MS	F
MODEL	9	241.912	26.879	2.16^{ns}
GOAT	3	88.428	29.476	2.37^{ns}
PERIOD	3	58.873	19.624	1.58^{ns}
TRT	3	94.612	31.537	2.53^{ns}
ERROR	6	74.687	12.448	
TOTAL	15	316.599		

CV = 12.973 %

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวเกตวรรณ บุญเทพ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5210620032

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สัตวศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช	2551

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

Boonthep, K., W. Ngampongsai, W. Visessanguan, S. Boonpayang and C. Wattanachant. 2010. Effect of fibrolytic enzyme supplementation in total mixed ration containing oil palm frond silage as roughage source on kinetics of gas production. Proceeding of the 7th IMT-GT UNINET and the 3rd International PSU-UNS conferences on Bioscience, Hat yai, Songkhla, Thailand, 7-8th October 2010, pp. 7-9.

Boonthep, K., W. Ngampongsai, C. Wattanachant, W. Visessanguan and S. Boonpayang. 2011. Effect of enzyme levels in total mixed ration containing oil palm frond silage on kinetics of gas production. Proceeding of the 3rd International Conference on sustainable animal agriculture for developing countries. Nakhon Ratchasima, Thailand, 26-29 July 2011, pp. 563-567.

Boonthep, K., W. Ngampongsai, C. Wattanachant, W. Visessanguan and S. Boonpayang. 2012. Effect of enzyme levels in total mixed ration containing oil palm frond silage on feed intake and digestibility of goats. Proceeding of the 15th AAAP Animal Science Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies, Bangkok, Thailand, 26-30th November 2012, pp. 3106-3110.