ผลของการเสริมโปรตีนและพลังงาน ต่อกระบวนการหมักและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ

นางสาววลักษ์กมล ราคายิ่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2550

EFFECTS OF PROTEIN AND ENERGY SUPPLEMENTATION ON RUMEN FERMENTATION AND GROWTH PERFORMANCES OF GOATS FED UREA-TREATED RICE STRAW

Walukamon Rakaying

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Animal Production Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2007

ผลของการเสริมโปรตีนและ พลังงานต่อกระบวนการหมักและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.ปราโมทย์ แพงคำ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(รศ. ดร.วิศิษฐิพร สุขสมบัติ)
กรรมการ

_____

(อ. น.สพ. ดร.ภคนิจ คุปพิทยานันท์)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

_____

(ผศ. ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

วลักษ์กมล ราคายิ่ง : ผลของ การเสริมโปรตีนและพลังงาน ต่อกระบวนการหมักและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของแพะที่ได้รับฟางข้าวหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ (EFFECTS OF PROTEIN AND ENERGY SUPPLEMENTATION ON RUMEN FERMENTATION AND GROWTH PERFORMANCES OF GOATS FED UREA–TREATED RICE STRAW) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ, 88 หน้า.

ราคาอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะแหล่งโปรตีน เมื่อใช้ร่วมกันกับอาหารหยาบคุณภาพต่ำจึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการต่าง ๆ ในการลดต้นทุน การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับที่เหมาะสมของโปรตีน, พลังงาน และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักและประสิทธิภาพในการผลิตแพะเนื้อ

การทดลองที่การทดลองที่ 1 การศึกษาระดับโปรตีนและ พลังงานในแพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมแองโกลนูเบียน โดยใช้แพะเนื้อเพศเมีย จำนวน 12 ตัว มีอายุเริ่มต้น 7-8 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.0±5.0 กก.จัดแผนการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ จำนวน 3 ซ้ำ ได้รับการเสริมอาหารข้นจำนวน 300 กรัม/ตัว/วัน โดยอาหารข้น แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ สูตรที่มี โปรตีนต่ำ+พลังงานต่ำ (LPLE), โปรตีนต่ำ+พลังงานสูง (LPHE),โปรตีนสูง+พลังงานต่ำ (HPLE) และ โปรตีนสูง+พลังงานสูง (HPHE) ผลการทดลองพบว่า แพะกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตร LPHE และ HPHE มีความสามารถในการย่อยได้ของ neutral detergent fiber (NDF) สูงกว่า แพะกลุ่มที่ได้รับพลังงานต่ำ (LPLE และ HPLE) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนแพะที่ได้รับอาหารสูตร HPHE มีค่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, ความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก, แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในของเหลวจากกระเพาะหมัก และกรดไขมันระเหยได้รวม ของแพะที่ได้รับอาหารในทุกกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มระดับของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักของกากปาล์มโดยใช้เทคนิค *in sacco* อาหารทดลองได้แก่ กลุ่มควบคุม (กากปาล์มไม่อบ), กลุ่มที่อบ 60 และ 100°ซ นาน 1 ชั่วโมง การศึกษาใช้โคนมเจาะกระเพาะหมักแบบถาวร จำนวน 3 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 350.0±10.0 กก. ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะจริงและลำไส้เล็ก โดยใช้เทคนิค *in vitro* (Three-step technique) พบว่า ค่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งในกระเพาะหมักของกากปาล์มที่ไม่อบมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนการย่อยได้ในกระเพาะจริงและลำไส้เล็ก ของกากปาล์ม ที่อบ 100°ซ สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดลองที่ 3 ทำการศึกษาผลของระดับของโปรตีนจากกากปาล์มที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักเพื่อการเจริญเติบโตของ แพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมแองโกลนูเบียน ใช้แพะเพศผู้ จำนวน 24 ตัว น้ำหนักตัวเฉลี่ย 17.0±3.0 กก. โดยใช้แผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) อาหารข้นเสริม ruminal undegradable proteins (RUP) 4 ระดับคือ 0, 10, 20 และ 30%RUP ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในปริมาณอาหารแห้งที่กินได้ และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF, ADF และอัตราการเจริญเติบโต แต่การย่อยได้อินทรียวัตถุ ของแพะที่ได้รับอาหารสูตร 0, 10 และ 20%RUP สูงกว่า 30%RUP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ระดับโปรตีน 13%CP และ พลังงาน 70%TDN เหมาะสมสำหรับแพะเนื้อ การอบกากปาล์ม 100°ซ นาน 1 ชั่วโมง มีโปรตีนที่ไม่ย่อยในกระเพาะหมักแต่ผ่านมาย่อยในกระเพาะ และลำไส้เล็กสูงที่สุด การเสริมโปรตีนที่ไม่ย่อยในกระเพาะหมักที่ระดับ 10%RUP จากกากปาล์มอบ 100°ซ นาน 1 ชั่วโมง เป็นระดับที่เหมาะสมสำหรับแพะเนื้อ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
ปีการศึกษา 2550

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

WALUKAMON RAKAYING : EFFECTS OF PROTEIN AND ENERGY SUPPLEMENTATION ON RUMEN FERMENTATION AND GROWTH PERFORMANCES OF GOATS FED UREA–TREATED RICE STRAW. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. PRAMOTE PAENGKOUM, Ph.D., 88 PP. PROTEIN/ENERGY/GOATS/UREA–TREATED RICE STRAW

The high cost involved in supplementing poor quality roughage-based diets with imported protein concentrates for ruminants deserves attention in seeking cheaper alternatives. The purpose of this study was to determine the optimum level of protein, energy and rumen-undegradable protein (RUP) to enhance rumen ecology thus improving performance of meat goats.

The first experiment was carried out to investigate the effects of energy and protein supplementation in crossbreed Anglo-Nubian meat goats. Twelve female goats of 7-8 months and an average body weight (BW) of 17±5 kg were used in 4x4 Latin square with 3 replications. Experimental diets of 300 g/h/d composed of 4 dietary treatments: such as : (i) low protein + low energy (LPLE), (ii) low protein + high energy (LPHE), (iii) high protein + low energy (HPLE) and (iv) high protein + high energy (HPHE). The results showed that goats fed on LPHP and HPHE had neutral detergent fiber (NDF) digestibility significantly higher ($p<0.05$) than goats fed on LPLE and HPLE, while goats on HPHE diet had significantly higher ($p<0.05$) nitrogen intake than other goats. However, dry matter (DM) digestibility, rumen pH, NH_3-N in rumen fluid, total volatile fatty acid were not significantly different among treatments.

The objective of experiment two was to increase RUP level of oil palm meal by heat treatment at 60 and 100˚C for 1 h. Three permanent fistulated cattle with an average BW of

350±10 kg were used in this study. Crude protein (CP) digestibility in abomasum and small intestine was studied, using *in vitro* (three-step) technique. The results showed that DM digestibility of untreated oil palm meal was significantly higher ($p<0.05$) than that of other feeds. However, abomasal and intestinal digestibilities of oil palm meal treated with 100°C were significantly higher ($p<0.05$) than the other treatments.

The third study was to determine the effect of varying levels of RUP from oil palm meal for growing crossbreed Anglo-Nubian meat goats. Twenty-four male goats of aged 7-8 months and an average BW of 17±3 kg were measured in randomized complete block design (RCBD). Four levels of RUP from oil palm meal were control, 10, 20 and 30%RUP of total crude protein. The results showed that DM intake, digestibilities of DM, CP, NDF and acid detergent fiber (ADF) were not significantly different among dietary treatments. However, organic matter digestibilties of goats fed on 0, 10 and 20%RUP was significantly higher ($p<0.05$) than goats fed on 30%RUP.

In conclusions, this study showed that ration providing 13%CP and 70%TDN was suitable for meat goats. Heat-treated oil palm meal at 100°C for 1 h provided the highest undegradable protein that passed though rumen and then digested in abomasum and small intestine. Supplementation of 10%RUP including 100°C for 1 h heat-treated oil palm meal in goat ration was suitable for meat goats.

School of Animal Production Technology Student's Signature _____

Academic Year 2007 Advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

Co-advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ แพงคำ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความกรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่งมาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือสนับสนุน และให้ความไว้วางใจในการทำงาน ตลอดจนการดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดด้วยความเป็นกันเองตลอดมา รวมทั้งยังให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนจัดหาทุนการศึกษาซึ่งถือเป็นพระคุณอย่างสูงยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการทดลองและแก้ปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ ด้านวิชาการ และด้านการดำเนินการวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำในส่วนของแผนการทดลอง และอาจารย์นายสัตวแพทย์ ดร. ภคนิจ คุปพิทยานันท์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำไม่ว่าจะเป็นด้านวิชาการ ด้านการวิจัย รวมทั้งตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้าและสั่งสอนให้ข้าพเจ้าเป็นคนดี และตั้งใจเรียนตลอดมา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์เล่มนี้นั้นประกอบไปด้วยการช่วยเหลือของบุคคล และหน่วยงานต่างๆ ดังต่อไปนี้ นายไพบูลย์ แดงท่าขาม และ นักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ พนักงานฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พนักงานห้องปฏิบัติการโภชนะศาสตร์สัตว์ ทุนวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวิชิตศักดิ์และ คุณแม่บัวผัน ราคายิ่ง ที่ให้ความรัก ความอบอุ่น และส่งเสริมการศึกษาเล่าเรียนเป็นอย่างดี จนข้าพเจ้าเป็นคนดีและมีความสุขในชีวิตตลอดมา และขอขอบคุณพี่สาว และน้อง ที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันเสมอมา

วลักษ์กมล ราคายิ่ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....ก

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....ค

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่

1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....2

1.5 รายการอ้างอิง.....2

2 ปริทัศน์วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 การเลี้ยงแพะในประเทศไทย.....3

2.2 แนวโน้มการเลี้ยงแพะในประเทศไทย.....3

2.3 ความสำคัญของแพะ.....4

2.4 การจำแนกทางสัตววิทยา.....4

2.5 พันธุ์แพะเนื้อที่น่าสนใจ.....5

2.5.1 แพะพื้นเมืองไทย.....5

2.5.2 แพะพันธุ์แองโกลนูเบียน (Anglo-Nubian).....6

2.6 ความต้องการพลังงานสำหรับแพะ.....6

2.7 ความต้องการโปรตีนสำหรับแพะ.....8

2.8 อาหารแพะ.....11

2.8.1 อาหารหยาบ.....11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.2 อาหารข้น....12
2.9 อาหารข้นแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต....12
2.10 วัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนจากพืช....13
2.11 การย่อยและการดูดซึมโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง....14
2.11.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรต....14
2.11.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน....15
2.12 การป้องกันการย่อยสลายโปรตีนโดยการใช้ความร้อน....15
2.13 รายการอ้างอิง....15
3 การศึกษาระดับของอาหารโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบในแพะเนื้อ....18
3.1 คำนำ....18
3.2 วัตถุประสงค์....18
3.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง....19
3.4 การเก็บข้อมูล....21
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล....23
3.6 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง....23
3.7 ผลการทดลอง....23
3.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น....23
3.7.2 องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรียและสูตรอาหารทดลอง....23
3.7.3 ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต....24
3.7.4 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ....26
3.7.5 ความสมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance)....27
3.7.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ....28
3.7.7 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ....28
3.7.8 ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด....29

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7.9 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวมของ
ของเหลวจากกระเพาะหมัก.....30
3.8 วิจารณ์ผลการทดลอง.....33
3.8.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น.....33
3.8.2 องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรียและสูตรอาหารทดลอง.....33
3.8.3 ปริมาณการกินได้และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว.....34
3.8.4 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ.....35
3.8.5 ความสมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance).....35
3.8.6 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ.....36
3.8.7 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลว
จากกระเพาะหมักของแพะ.....36
3.8.8 ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด.....37
3.8.9 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวมของ ของเหลว
จากกระเพาะหมัก.....37
3.9 สรุปผลการทดลอง.....38
3.10 รายการอ้างอิง.....39
4 การป้องกันการย่อยได้ของกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน
ศึกษาการย่อยได้โดยใช้เทคนิค *in sacco* และ *in vitro*.....44
4.1 คำนำ.....44
4.2 วัตถุประสงค์.....44
4.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....45
4.3.1. การป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนโดยการอบด้วยความร้อน
กากปาล์ม.....45
4.3.2. ศึกษาการย่อยได้ของกากปาล์มโดยใช้เทคนิค *in vitro* 47
4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....47
4.5 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง.....47
4.6 ผลการทดลอง.....48

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.1 การศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม....48
4.6.2 การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์ม....48
4.6.3 การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม....49
4.6.4 การย่อยสลายของโปรตีนลำไส้เล็กของกากปาล์ม....49
4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง....52
4.7.1 การศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม....52
4.7.2 การย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนของกากปาล์ม....52
4.7.3 การย่อยสลายของโปรตีนลำไส้เล็กของกากปาล์ม....52
4.8 สรุปผลการทดลอง....53
4.9 รายการอ้างอิง....53
5 ผลของระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักต่อความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะหมัก, ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ....55
5.1 คำนำ....55
5.2 วัตถุประสงค์....55
5.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง....56
5.4 การเก็บข้อมูล....57
5.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ....58
5.6 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง....58
5.7 ผลการทดลองและการอภิปรายผล....58
5.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร....58
5.7.2 ปริมาณการกินได้ของแพะ....59
5.7.3 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ....60
5.7.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมัก....61
5.7.5 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมัก....61
5.7.6 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด....62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.7.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ของ
ของเหลวจากกระเพาะหมัก....63
5.8 วิจารณ์ผลการทดลอง....67
5.8.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร....67
5.8.2 ปริมาณการกินได้ของแพะ....67
5.8.3 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ....68
5.8.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมัก....68
5.8.5 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลว
จากกระเพาะหมัก....68
5.8.6 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด....69
5.8.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ของของเหลว
จากกระเพาะหมัก....70
5.8 สรุปผลการทดลอง....71
5.9 รายการอ้างอิง....72
6 สรุปและข้อเสนอแนะ....75
ภาคผนวก....77
ภาคผนวก ก....78
ภาคผนวก ข....81
ประวัติผู้เขียน....88

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 สถิติแพะในประเทศไทยแสดงรายภาค ปี 2539-2548....4
2.2 ความต้องการโภชนะในแต่ละวันของแพะ....9-10
3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารและคุณค่าอาหาร....20
3.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น....24
3.3 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้นและฟางหมักยูเรีย....24
3.4 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับโปรตีนและพลังงานร่วมกับฟางหมักยูเรีย....26
3.5 การย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงาน ในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย....26
3.6 สมดุลของไนโตรเจนของแพะที่ได้รับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ร่วมกับฟางข้าวหมักยูเรีย....28
3.7 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ ที่ได้รับระดับโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย....29
3.8 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg%) ของ ของเหลว จากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีน และพลังงาน ร่วมกับฟางหมักยูเรีย....29
3.9 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย -ไนโตรเจน ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับ ระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย....30
3.10 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย....31
3.11 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีน และพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย....32
4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์ม....48
4.2 การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์มในกระเพาะหมัก....50
4.3 การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์มในกระเพาะหมัก....52
4.4 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม....51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.5 ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของโปรตีนที่เวลา 16 ชั่วโมง ของกากปาล์ม.....51

5.1 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....57

5.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและฟางหมักยูเรีย.....59

5.3 แสดงปริมาณการกินได้น้ำหนักแห้งของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน.....60

5.4 แสดงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหาร สูตรทดลองที่มีruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน.....61

5.5 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของแพะ ที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน.....62

5.6 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg%) ในของเหลวจาก กระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน.....62

5.7 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg%) ในของเลือด.....63

5.8 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวม.....64

5.9 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) (mol/100 ml) ของของเหลวจากกระเพาะหมัก.....66

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

3.1 แผนผังงานทดลอง.....20

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากรัฐบาลสนับสนุนให้ประเทศไทยที่เป็นแหล่งอาหารของโลก และอาหารฮาลาลเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายดังกล่าว แพะจึงได้รับความนิยมเลี้ยงและมีการขยายพันธุ์มากยิ่งขึ้น แนวโน้มการเลี้ยงแพะในประเทศไทยตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2539-2548 จึงเพิ่มขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2549) อุตสาหกรรมการผลิตแพะที่มีขนาดใหญ่ (เลี้ยงแพะมากกว่า 2,000 ตัว) เริ่มปรากฏในอุตสาหกรรมการผลิตแพะในประเทศไทย ดังนั้นในอนาคตแพะเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ผู้คนหันมาให้ความสำคัญมากขึ้น ทำให้แพะมีจำนวนมากขึ้น แต่วัตถุดิบที่นำมาทำอาหารสัตว์โดยเฉพาะอาหารโปรตีนซึ่งมีราคาแพง เมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องกินอาหารโปรตีนเข้าไปในกระเพาะหมักแล้ว อาหารโปรตีนคุณภาพสูงถูกย่อยในกระเพาะหมักสูง นอกจากนี้การย่อยสลายของโปรตีนคุณภาพสูงในกระเพาะหมักอาจทำให้คุณค่าการใช้ประโยชน์ (bioavailability) ของโปรตีนลดลง ได้มีการศึกษาแนวทางในการป้องกันการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยการใช้ความร้อนหาวัตถุดิบอาหารสัตว์เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนที่มีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามสัตว์ยังมีความต้องการโปรตีนและพลังงาน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่การศึกษาเรื่องของโปรตีนและพลังงานของแพะในประเทศไทยยังมีการศึกษาน้อยเมื่อเทียบกับของสัตว์ชนิดอื่น ๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระดับของโปรตีนและพลังงานต่อปริมาณการกินได้ กระบวนการย่อยได้และการเจริญเติบโตในแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

1.2.2 เพื่อศึกษาวิธีการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมัก ด้วยวิธีอบด้วยความร้อน

1.2.3 เพื่อศึกษาการเพิ่มระดับของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen-undegradable protein, RUP) ในอาหารสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ต่อความสามารถในการย่อยได้ ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบระดับของและโปรตีนพลังงานสำหรับแพะพันธุ์พื้นเมืองผสมแองโกลนูเบียนที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.3.2 สามารถเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยการอบด้วยความร้อนของกากปาล์ม โดยใช้เทคนิค *in sacco* และ *in vitro*

1.3.3 ทราบถึงการตอบสนองของแพะเพศผู้พันธุ์พื้นเมืองผสมแองโกลนูเบียนที่เลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้รับอาหารข้นสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้การย่อยได้ของโภชนะ และสมรรถภาพในการผลิต

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ศึกษาการตอบสนองของแพะเนื้อเพศเมีย พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกลนูเบียน 50–75% อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารโปรตีนและพลังงานที่ระดับสูงและต่ำ ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีการเก็บตัวอย่างทั้งหมด (total collection method)

1.4.2 วิธีการป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนโดยการอบกากปาล์ม ด้วยความร้อน 60 และ 100°C นาน 60 นาที จากนั้นทดสอบการย่อยได้ของโปรตีนและวัตถุแห้ง ในโคนมพันธุ์ Holstein Friesian จำนวน 3 ตัว โคแต่ละตัวเจาะกระเพาะหมักแบบถาวร เพื่อศึกษาผลของการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco* และในลำไส้เล็กโดยใช้เทคนิค *in vitro*

1.4.3 ศึกษาการตอบสนองของใช้แพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกลนูเบียนที่ระดับ50-75% เพศผู้ อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารได้รับอาหารสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ

1.5 รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2549). **จำนวนสัตว์ในประเทศไทยแยกเป็นรายเขตปศุสัตว์ปี 2548** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dld.go.th/ict/yearly/stat2546/book/stock/report51.xls

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเลี้ยงแพะในประเทศไทย

การเลี้ยงแพะในประเทศไทยรูปแบบการเลี้ยง ทั่วไปแล้วการเลี้ยงแพะในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็นสามรูปแบบ (สมเกียรติ์ สายธนู, 2528) ได้แก่ แบบปล่อย คือ การปล่อยแพะออกไปหากินเองตามพื้นที่ทั่วไป แบบผูกล่าม คือ การผูกล่ามแพะไว้บริเวณทุ่งหญ้า หรือ แหล่งอาหาร และแบบขังคอก โดยการตัดหญ้ามาให้แพะกินโดยเลี้ยงในโรงเรือน ส่วนใหญ่การเลี้ยงในประเทศไทยใช้ระบบปล่อยให้แพะหากินเองตามทุ่งหญ้าธรรมชาติ (สถาพร จิตตปาลพงษ์, อาคม สังข์วรานนท์, นงนุช ภิญโญภานุวัตน์, วิษณุวัฒน์ ฉิมน้อย และ วิทยา ขจีรัมย์, 2546) ในประเทศไทย การเลี้ยงแพะส่วนมากจะหนาแน่นบริเวณภาคใต้ของประเทศและหนาแน่นเป็นพิเศษที่บริเวณ 5 จังหวัดชายแดนคือจังหวัดสงขลา ปัตตานี นราธิวาส ยะลา สตูล (สมเกียรติ์, 2528) อย่างไรก็ตาม การเลี้ยงแพะได้มีการกระจายไปสู่จังหวัดอื่นมากขึ้น เนื่องจากความต้องการบริโภคมากขึ้น

2.2 แนวโน้มการเลี้ยงแพะในประเทศไทย

ในปัจจุบันการเลี้ยงแพะในประเทศไทย มีแนวโน้มการผลิตเพิ่มมากขึ้น จากสถิติข้อมูลของกรมปศุสัตว์ ของประเทศไทย ในช่วง 10 ปี ระหว่างปี 2539-2548 จำนวนแพะในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ดังตารางที่ 2.1 พบว่าจำนวนแพะที่เลี้ยงในประเทศไทยทั้งหมดมีประมาณ 338,355 ตัว แบ่งเป็นภาคต่าง ๆ ดังนี้ คือ ภาคเหนือ 55,310 ตัว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 13,974 ตัว ภาคกลาง 109,681 ตัว และภาคใต้ 159,390 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2548)

การเลี้ยงแพะส่วนใหญ่ ใช้สำหรับบริโภคภายในประเทศเท่านั้น กรมปศุสัตว์ (2548) รายงานประเทศไทยมีการนำเข้า แพะมีชีวิตนั้นจากต่างประเทศ เมื่อปี พ.ศ. 2548 คิดเป็นมูลค่ากว่า 10 ล้านบาท แต่มีการส่งออกมูลค่าเพียง 24,000 บาท นอกจากนี้ ประเทศไทยยังนำเข้าหนังแพะและขนแพะในปี 2548 เป็นมูลค่า 18 ล้านบาท แต่ส่งออกขนแพะมูลค่ากว่า 8 แสนบาท แพะจึงได้รับความนิยมในการเลี้ยงและขยายพันธุ์มากยิ่งขึ้น ในช่วง ปี พ.ศ. 2548-2549 และอุตสาหกรรมการผลิตแพะที่มีขนาดใหญ่ (เลี้ยงแพะมากกว่า 2,000 ตัว) เริ่มปรากฏในอุตสาหกรรมการผลิตแพะในประเทศไทย

ตารางที่ 2.1 สถิติแพะในประเทศไทยแสดงรายภาค ปี 2539-2548

ปี (พ.ศ.)	ภาคกลาง	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ภาคเหนือ	ภาคใต้	รวม (ตัว)
2539	9,659	1,582	10,892	75,671	97,804
2540	10,099	1,688	7,217	106,258	125,262
2541	15,314	1,537	10,607	103,446	130,904
2542	16,070	1,573	13,588	101,614	132,845
2543	19,000	2,635	17,419	105,173	144,227
2544	37,789	12,295	24,134	114,279	188,497
2545	37,356	4,573	29,579	106,436	177,944
2546	52,967	5,021	43,410	112,519	213,917
2547	62,950	12,354	39,729	135,043	250,076
2548	109,681	13,974	55,310	159,390	338,355

ที่มา กรมปศุสัตว์ (2548)

2.3 ความสำคัญของแพะ

แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย กินอาหารพวกพืชได้หลากหลายชนิด (ถวัลย์ วรรณกุล, 2542) และที่สำคัญแพะสามารถใช้ประโยชน์จากวัสดุเศษเหลือ หรืออาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำได้ดี วินัย ประลมพ์กาญจน์ (2542) รายงานไว้ว่า แพะเป็นสัตว์ที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว คือตั้งท้องได้ตั้งแต่อายุ 7-8 เดือน และใช้เวลาตั้งท้องเพียง 150 วัน นอกจากนั้นแล้ว ในประเทศแถบร้อนและกึ่งร้อน จะเลี้ยงแพะเพื่อนำมาบริโภคเนื้อและน้ำนมแล้ว การเลี้ยงแพะยังมีวัตถุประสงค์ สำหรับใช้เป็นอาชีพเสริมอีกด้วย (วินัย, 2540) เนื่องจากแพะเป็นสัตว์ที่ขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว ใช้พื้นที่ในการเลี้ยงน้อย ให้ผลผลิตมาก และการเลี้ยงแพะยังเป็นธุรกิจที่ให้ผลตอบแทนคุ้มค่า(อุไรพร จิตต์แจ้ง, 2549 และ ปริศนา จิตต์ปรารพ, 2543) การเลี้ยงแพะเป็นธุรกิจที่ให้ผลตอบแทนที่ดี ส่งผลให้เกษตรกรเลี้ยงแพะเพิ่มขึ้นทำให้การเลี้ยงแพะในประเทศไทยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ

2.4 การจำแนกทางสัตววิทยา

แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม มีกีบเป็นคู่ เขากลวง สามารถจำแนกทางสัตววิทยาดังนี้

Class: Mammalia ชั้น สัตว์เลือดอุ่นเลี้ยงลูกด้วยนม

Order: Artiodactyla อันดับ สัตว์มีกีบคู่เลี้ยงลูกด้วยนม

Suborder: Ruminantia อันดับย่อย เคี้ยวเอื้อง กระเพาะแบ่งเป็น 4 ส่วน

Family: Bovidae วงศ์ มีเขากลวง

Tribe: Caprini เผ่าพันธุ์ คือพวกแพะ แกะ

Genus: Capra สกุล คือแพะ

แพะสมัยใหม่ (modern goats) แพะ (*Capra hircus*) เป็นแพะบ้านเลี้ยงกันอยู่ปัจจุบัน ส่วนใหญ่สืบสายมาจากแพะ (*C. aegagrus*) ซึ่งอาศัยอยู่ในแถบเทือกเขาเอเชียน้อย (mountains of Asia Minor) ข้ามไปยังเอเชียกลาง แพะถูกมนุษย์นำมาเลี้ยงเป็นสัตว์เลี้ยงเมื่อหลายปีมาแล้วและได้เลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในโลก แพะต่างจากแกะตรงที่สามารถกลับไปเป็นสัตว์ป่าได้อีกถ้านำมาเลี้ยงแล้วปล่อยกลับเข้าป่า เรียกว่า feral goat (Encyclopaedia, 2004)

2.5 พันธุ์แพะเนื้อที่น่าสนใจ

2.5.1 แพะพื้นเมืองไทย

แพะพื้นเมืองเป็นแพะที่นิยมเลี้ยงกันในท้องถิ่น บุญเสริม ชีวะอิสระกุล (2546) พบว่าโดยมากมักมีสายเลือดจากแพะจากแหล่งต่าง ๆ ปะปนกัน การถ่ายทอดลักษณะจึงไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นแพะพื้นเมืองแต่ละท้องถิ่นจะแตกต่างกันมาก สมเกียรติ สายธนู, พีรศักดิ์ สุทธิโยธิน และ เสาวนิต คูประเสริฐ (2541) รายงานการศึกษาเปรียบเทียบกับลักษณะต่าง ๆ ของแพะพันธุ์แกมบิงกัตจัง ซึ่งเป็นแพะพันธุ์พื้นเมืองของมาเลเซีย พบว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองของไทยมีน้ำหนักน้อยกว่า และขนาดรูปร่างเล็กกว่าแพะพันธุ์แกมบิงกัตจัง อย่างไรก็ตาม หากดูจากลักษณะที่ปรากฏให้เห็นอื่น ๆ เช่น ลักษณะของสีขน สีผิวหนัง ลักษณะใบหูที่มีขนาดเล็ก และรูปทรงทั่วไปแล้ว แพะพันธุ์พื้นเมืองไทยจะมีลักษณะใกล้เคียงกับแพะพันธุ์แกมบิงกัตจัง จึงมีความเป็นไปได้สูงว่า แพะพื้นเมืองไทยในภาคใต้เป็นแพะพันธุ์เดียวกัน กับแพะพันธุ์แกมบิงกัตจังของมาเลเซีย แม้พันธุ์พื้นเมืองไทยจะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำมาก แต่ก็เป็นแพะที่สามารถเจริญเติบโต และทนทานต่อสภาพแวดล้อมในประเทศไทยได้ แพะพื้นเมืองไทยสามารถผสมพันธุ์ได้ตลอดปี มีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากอาหารที่มีในท้องถิ่นได้ดี โดยทั่วไป แม่แพะจะให้ลูกประมาณ 2 ตัวต่อการตั้งท้อง และสามารถตั้งท้องได้ 2 ครั้งต่อปี Pralomkarn et al. (1996) รายงานว่า แพะพันธุ์พื้นเมืองของไทยเพศเมีย และเพศผู้มีน้ำหนักเฉลี่ยเมื่ออายุ 12 สัปดาห์ ประมาณ 8.5 และ 10.5 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยคือ 85 และ 102 กรัมต่อวัน แพะเพศเมียเมื่อถึงระยะเป็นสัด มีน้ำหนักเฉลี่ย 14.3 กิโลกรัม (อายุเฉลี่ย 168 วัน) สุรพล ชลดำรงค์กุล, สมเกียรติ สายธนู,

เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรศักดิ์ คชภักดี, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ อภิชาติ หล่อเพชร (2543) รายงานว่าแพะพันธุ์พื้นเมืองไทยมีอัตราการตายใกล้เคียงกับแพะลูกผสม พื้นเมืองไทย-แองโกลนูเบียน 25 และ 50% แต่ต่ำกว่าลูกผสม 75%

2.5.2 แพะพันธุ์แองโกลนูเบียน (Anglo-Nubian)

กรมปศุสัตว์นำแพะพันธุ์แองโกลนูเบียนเข้ามาเลี้ยงขยายพันธุ์กว่า 20 ปีแล้ว เพื่อปรับปรุงพันธุ์แพะพื้นเมืองให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แพะพันธุ์นี้มีขนาดใหญ่ เมื่อโตเต็มวัยมีความสูงที่หัวไหล่ประมาณ 75-100 เซนติเมตร เพศเมียและเพศผู้มีน้ำหนักประมาณ 60 และ 70 กิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีบรรพบุรุษมาจากเขตร้อน จึงสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพภูมิอากาศร้อนได้ดีกว่าแพะยุโรปพันธุ์อื่นๆ (ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์, 2531) การเลี้ยงแพะพันธุ์นี้ เพื่อการผลิตกึ่งเนื้อกึ่งนม ผลผลิตน้ำนมประมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน ลักษณะของแพะพันธุ์นี้ มีลักษณะดั้งจมูกโด่งและงุ้ม ใบหูยาวและปรกลง ปกติแพะพันธุ์นี้จะไม่มีเขา แต่ถ้าหากมีเขา เขาจะสั้นและเอนแนบติดกับหนังหัว ขนสั้นละเอียดเป็นมัน มีขายาวซึ่งช่วยให้เต้านมอยู่สูงกว่าระดับพื้นมาก และทำให้ง่ายต่อการรีดนม แพะพันธุ์นี้มีหลายสี

2.6 ความต้องการพลังงานสำหรับแพะ

ประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานเพียงพอ ซึ่งพลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการกำหนดความสามารถในการให้ผลผลิตของแพะ ถ้าได้รับพลังงานไม่เพียงพอ จะทำให้การเจริญเติบโตของลูกแพะหยุดชะงัก ช่วงเวลาเข้าสู่วัยหนุ่ม-สาวช้าลง สมรรถนะในการสืบพันธุ์ต่ำและผลผลิตนมต่ำลง และหากมีการขาดพลังงานอย่างต่อเนื่อง ร่างกายของสัตว์จะอ่อนแออาจมีผลต่อแพะ ทำให้แพะขาดความต้านทานโรคและพวกปรสิตได้ อาจจะมีปัญหาที่ซับซ้อนตามมา คือ การขาดโภชนะอื่น เช่น โปรตีน แร่ธาตุและวิตามิน ข้อจำกัดของพลังงานอาจมีผลมาจาก การกินอาหารไม่เพียงพอ หรือจากการกินอาหารคุณภาพต่ำ การขาดพลังงานอาจเกิดจากอาหารที่มีจำกัด หรือส่วนประกอบของอาหารที่มีผล ต่อการย่อยได้ในอาหารแพะ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการพลังงานในแพะ คือ อายุ ขนาดของตัว การเจริญเติบโต การตั้งท้อง และระยะให้นม ในตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นความต้องการพลังงาน นอกจากปัจจัยที่กว่าวไปข้างต้นแล้ว สิ่งแวดล้อม การเจริญเติบโต กิจกรรมการเคลื่อนไหว ต้องการพลังงานของแพะเพื่อการดำรงชีพ การให้ผลผลิตและการให้นมและการให้ขน มีการจัดประเภทความต้องการพลังงานที่หลากหลายของแพะไว้ในตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่า พลังงานการย่อยได้ digestible energy (DE), metabolisable energy (ME) และ net energy (NE) จากการดำรงชีพ การเจริญเติบโต การตั้งท้อง การ

ให้นม และการให้ขน total digestible nutrients (TDN) เป็นพลังงานรวมที่สามารถนำมาใช้เพราะว่านิยมใช้ในอดีต ซึ่งนำไปใช้กันทั่วโลก มีข้อมูลที่ได้มีการศึกษามากมาย ปัจจุบันนี้ใช้อยู่หลายประเทศ ค่า TDN ที่ได้โดยนำปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดของอาหารนั้นมารวมกัน แต่ค่าไขมันคูณด้วย 2.25 เพราะไขมันให้พลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรตประมาณ 2.25 เท่า

$$\%TDN = \frac{\text{Digestible [CP + CF + NFE + (2.25 EE)]}}{\text{Feed DM Consumed}} \times 100$$

Kearl (1982) รายงานความสัมพันธ์กับความต้องการพื้นฐานของพลังงานดังนี้

1 kg digestible organic matter (DOM) = 1.05 kg TDN

1 kg starch equivalent = 5.082 Mcal DE

= 4.167 Mcal ME

= 1.15 kg TDN

= 1.1 kg DOM

1 kg TDN = 3.62 Mcal ME

1 kg Scandinavian Feed Unit (FU or SFU) = 2.82 Mcal ME

1 kilo joule (kJ) = 0.239 kcal

1 kcal = 4.184 kJ

1 Mcal DE = 0.82 Mcal ME

การใช้พลังงาน ที่สัตว์ได้รับจากการกินอาหาร และการสูญเสียพลังงานในรูปต่าง ๆ ออกจากร่างกายสัตว์ เรียกว่า พลังงานรวม (gross energy, GE) ที่สัตว์กินเข้าไปสูญเสียขั้นแรกทางมูล ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกย่อย ส่วนที่ย่อยได้เรียกว่า พลังงานย่อยได้ เมื่อพลังงานย่อยได้ถูกนำไปใช้ จะสูญเสียพลังงานไปทางปัสสาวะ และแก๊สที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมัก พลังงานส่วนที่เหลือเรียกว่า พลังงานเมแทบอไลซ์ การสูญเสียพลังงานขั้นสุดท้าย คือ การสูญเสียในรูปความร้อน (heat increment) ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ และการเมแทบอไลซ์อาหาร พลังงานที่เหลือ เรียกว่า พลังงานสุทธิ ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้สำหรับดำรงชีพ หรือการให้ผลผลิต แล้วแต่กรณี ดังนั้น ค่าพลังงานสุทธิจึงเป็นพลังงานที่สัตว์ได้รับจากอาหารอย่างแท้จริง (บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, 2546)

จากตารางที่ 2.2 แสดงความต้องการโภชนะในแต่ละวันของแพะ ซึ่งมีน้ำหนักตัวระหว่าง 10-60 กิโลกรัม (NRC, 1981) เป็นความต้องการเพื่อการการดำรงชีพ (net energy for maintenance)

พลังงานสุทธิเพื่อการอุ้มท้อง (net energy for pregnancy) และพลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (net energy for milk production) จากตารางที่ 2.2 ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพ ยกตัวอย่าง เช่น ในการเลี้ยงแพะแบบขังกรง แม่แพะมีน้ำหนัก 40 กิโลกรัม ต้องการพลังงาน TDN วันละ 448 กรัม (หรือ 1.61 Mcal ME หรือ 0.91 Mcal ME) กรณีที่มีการเลี้ยงแบบปล่อยนั้น แพะต้องใช้พลังงานในการเคลื่อนไหวเดินเล็มหญ้ามากขึ้น ความต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ยิ่งถ้ามีการเดินหากินไกลไกล สภาพพื้นที่แทะเล็มมีอาหารกระจัดกระจาย ทำให้ต้องเดินมากขึ้นก็จะมีความต้องการพลังงาน เพื่อดำรงชีพมากขึ้น ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 25, 50 หรือ 75 แล้วแต่ละกรณี สำหรับความต้องการพลังงานในการเจริญเติบโตของแพะ การเพิ่มน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม ต้องการพลังงาน 100 กรัม TDN (0.36 Mcal ME หรือ 0.2 Mcal NE) NRC (1981)

2.7 ความต้องการโปรตีนสำหรับแพะ

โปรตีนเป็นโภชนะอีกชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญต่อแพะมาก ซึ่งจะต้องได้รับจากอาหารอย่างต่อเนื่อง เพื่อซ่อมแซมเซลล์และใช้ในกระบวนการสร้างโปรตีน แพะไม่อาจขาดโปรตีน ถ้าในอาหารมีโปรตีนไม่พอต่อความต้องการ จะทำให้โปรตีนในเลือด ตับ กล้ามเนื้อ มีปริมาณลดลงสัตว์จะล้มป่วย สุขภาพไม่แข็งแรง แพะเป็นสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่สามารถใช้ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้ มาสังเคราะห์ให้เป็น microbial proteinซึ่งสัตว์สามารถย่อยและใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงสามารถใช้ NPN เช่น ยูเรียผสมในอาหารแพะได้ แต่ควรใช้ด้วยความระมัดระวัง มิฉะนั้นอาจจะเป็นอันตรายต่อแพะ ในตารางที่ 2.2 ได้แพะที่มีน้ำหนักตัว 40 กิโลกรัม ในสภาพที่เลี้ยงแบบขังมีความต้องการโปรตีนเพื่อดำรงชีพประมาณ 63 กรัมต่อวัน การที่แพะมีกิจกรรมมากขึ้น ทำให้ต้องการพลังงานเพื่อการดำรงชีพมากขึ้น ความต้องการโปรตีนก็มากด้วยเช่นกัน โดยทุก ๆ 100 กรัม TDN ที่แพะต้องการเพิ่มขึ้น เพื่อการดำรงชีพจะต้องการโปรตีนรวม (total protein, TP) เพิ่มขึ้น ประมาณ 13.4 กรัม ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตนั้น เพิ่มตามอัตราการเจริญเติบโต ถ้าเติบโตเฉลี่ยและพัฒนาร่างกาย การสืบพันธุ์ ดังนั้น NRC (1981) ได้สรุปความต้องการโปรตีนสำหรับการดำรงชีพ และการเจริญเติบโต กล่าวคือ ความต้องการโปรตีนต่อวันของแพะ เพิ่มมากขึ้นเมื่อมีน้ำหนักมากขึ้น จะเห็นได้ว่าเมื่อแพะที่มีน้ำหนักมากขึ้น มีความต้องการโปรตีนสำหรับการดำรงชีพ หรือสำหรับการดำรงชีพร่วมกับกิจกรรมมากขึ้นตามลำดับ

ตารางที่ 2.2 ความต้องการโภชนะในแต่ละวันของแพะ (NRC, 1981)

BW	Feed Energy(Mcal)				CP(g)		Dry Matter per Animal			
							0 kg=2.0		0 kg=2.0	
							Mcal ME			
(kg)	TDN(g)	DE	ME	NE	TP	DP	Total (kg)	% kg BW	Total (kg)	% kg BW
Maintenance only										
10	159	1	0.6	0.3	22	15	0.28	2.8	0.24	2.4
20	267	1	1.0	0.5	38	26	0.48	2.4	0.40	2.0
30	362	2	1.3	0.7	51	35	0.65	2.2	0.54	1.8
40	448	2	1.6	0.9	63	43	0.81	2.0	0.67	1.7
50	530	2	1.9	1.1	75	51	0.95	1.9	0.79	1.6
60	608	3	2.2	1.2	86	59	1.09	1.8	0.91	1.5
70	682	3	2.5	1.4	96	66	1.23	1.8	1.02	1.5
80	754	3	2.7	1.5	106	73	1.36	1.7	1.13	1.4
90	824	4	3.0	1.7	116	80	1.48	1.6	1.23	1.4
100	891	4	3.2	1.8	126	86	1.60	1.6	1.34	1.3
Maintenance pluss low activity (=25%)										
10	199	1	0.7	0.4	27	19	0.36	3.6	0.3	3.0
20	334	1	1.2	0.7	46	32	0.60	3	0.5	2.5
30	452	2	1.6	0.9	62	43	0.81	2.7	0.67	2.2
40	560	2	2.0	1.1	77	54	1.01	2.5	0.84	2.1
50	662	3	2.4	1.3	91	63	1.19	2.4	0.99	2.0
60	760	3	2.7	1.5	105	73	1.36	2.3	1.14	1.9
70	852	4	3.1	1.7	118	82	1.54	2.2	1.28	1.8
80	942	4	3.4	1.9	130	90	1.70	2.1	1.41	1.8
90	1030	5	3.7	2.1	142	99	1.85	2.1	1.54	1.7
100	1114	5	4.0	2.3	153	107	2.00	2.0	1.67	1.7

ตารางที่ 2.2 ความต้องการโภชนะในแต่ละวันของแพะ (NRC, 1981) (ต่อ)

BW (kg)	Feed Energy (Mcal)				CP (g)		Dry Matter per Animal			
							0 kg=2.0		0 kg=2.4	
							Mcal ME			
	TDN(g)	DE	ME	NE	TP	DP	Total (kg)	%kg BW	Total (kg)	%kg BW
Maintenance plus medium activity (=50%)										
10	239	1.1	0.9	0.5	33	23	0.43	4.3	0.36	3.6
20	400	1.8	1.4	0.8	55	38	0.72	3.6	0.60	3.0
30	543	2.4	2.0	1.1	74	52	0.98	3.3	0.81	2.7
40	672	3.0	2.4	1.4	93	64	1.21	3	1.01	2.5
50	795	3.5	2.9	1.6	110	76	1.43	2.9	1.19	2.4
60	912	4.0	3.3	1.8	126	87	1.64	2.7	1.37	2.3
70	1023	4.5	3.7	2.1	141	98	1.84	2.6	1.53	2.2
80	1131	5.0	4.1	2.3	156	108	2.03	2.5	1.69	2.1
90	1236	5.4	4.4	2.5	170	118	2.22	2.5	1.85	2.0
100	1336	5.9	4.8	2.7	184	128	2.41	2.4	2.01	2.0
70	1194	5.3	4.3	2.4	165	114	2.14	3.0	1.79	2.6
80	1320	5.8	4.7	2.7	182	126	2.37	3.0	1.98	2.5
90	1442	6.4	5.2	2.9	198	138	2.59	2.9	2.16	2.4
100	1559	6.9	5.6	3.2	215	150	2.81	2.8	2.34	2.3
Additional requirements for late pregnancy (for all goat sizes)										
	397	1.7	1.4	0.8	82	57	0.71		0.59	
Addition requirements for growth-weight gain at 50 g per day (all for goat size)										
	100	0.4	0.4	0.2	14	10	0.18		0.15	
Additional requirements for growth-weight gain at 100 g per day (for all goat sizes)										
	200	0.9	0.7	0.4	28	20	0.36		0.30	
Additional requirements for growth-weight gain at 150 g per day (for all goat sizes)										
	300	1.3	1.1	0.6	42	30	0.54		0.45	

2.8 อาหารแพะ

อาหารเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับแพะ อาหาร จะต้องเป็นแหล่งที่ให้โภชนะต่าง ๆ อย่างครบถ้วน ตามความต้องการซึ่งเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับแพะเพื่อใช้ในการดำรงชีพ การเจริญเติบโตได้รับอาหารที่มีปริมาณและคุณภาพที่ดี (วินัย ประลมพ์กาญจน์, 2540) ชนิดของอาหารแบ่งได้ 2 ประเภท คือ อาหารหยาบและอาหารข้น

2.8.1 อาหารหยาบ

อาหารที่สำคัญที่สุดของแพะ คือ อาหารหยาบ เพราะเป็นส่วนอาหารหลักของแพะ อาหารหยาบ (roughage) หมายถึง อาหารที่มีเยื่อใย (crude fiber) เป็นส่วนประกอบอยู่เกินกว่าร้อยละ 18 ของสิ่งแห้ง (วิศิษฐิพร สุขสมบัติ, 2542) เพราะนอกจากทำให้สัตว์ได้รับอาหารเต็มกระเพาะเกิดความรู้สึกอิ่มแล้วยังเป็นแหล่งโภชนะราคาถูก และมีความจำเป็นในการช่วยให้กระเพาะหมักทำงานเป็นปกติ มีการเคลื่อนตัว บีบตัวและยังกระตุ้นการขับน้ำลายเพื่อควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างในกระเพาะส่วนหน้าไม่ให้ต่ำเกินไป ซึ่งเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์และตัวสัตว์เอง (บุญเสริม ชีวะอิสระกุล, 2546) พืชอาหารสัตว์สำหรับแพะอาจอยู่ในรูปพืชสด, พืชแห้ง หรือพืชหมัก คุณภาพโดยรวมของอาหารอาจเทียบจากที่มีคุณภาพดี ได้แก่ กลุ่มหญ้าอ่อน และกลุ่มพืชตระกูลถั่วที่ยังไม่ออกดอก และข้าวโพดหมัก ส่วนกลุ่มที่มีคุณค่าทางอาหารต่ำ ได้แก่ กลุ่มฟางต่าง ๆ เปลือกถั่วต่าง ๆ และซังข้าวโพด เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในการเลี้ยงแพะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในช่วงฤดูแล้งมักจะมีปัญหา ในเรื่องการขาดแคลนแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงสัตว์ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ฟางข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบในช่วงฤดูร้อนกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากฟางข้าวเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่น อย่างไรก็ตาม ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำจากการรายงานของ (เมธา วรรณพัฒน์, 2533) พบว่า ฟางข้าวมีองค์ประกอบที่เป็นโปรตีนประมาณ 3-4% และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) ในปริมาณที่สูง เช่นมีเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรดประมาณ 49.2% สำหรับแร่ธาตุมีปริมาณน้อยมาก และมีความน่ากินต่ำ มีความฟ่ามสูง อาหารหยาบที่มีคุณภาพต่ำส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อย และเจริญเติบโตลดลง ดังนั้นจึงได้มีการเพิ่มคุณค่าของฟางข้าวในหลาย ๆ ลักษณะ เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ ยูเรียหรือแอมโมเนีย เป็นต้น สำหรับวิธีที่นิยมและสามารถทำได้ง่าย ก็คือ การหมักด้วยยูเรีย ซึ่งเมื่อนำมาเลี้ยงสัตว์ทำให้อัตราการย่อยได้เพิ่มขึ้น สัตว์จึงสามารถกินหรือใช้ประโยชน์จากฟางข้าวได้มากขึ้น จากการรายงานของ Mgheni et al. (1993) อ้างโดย วินัย ประลมพ์กาญจน์ (2540) ซึ่งได้ศึกษาการใช้ฟางหมักยูเรียและการใช้วัตถุดิบเสริมแก่แพะ การทำฟางหมักใช้ยูเรีย 50 กรัม ละลายในน้ำ 600 มิลลิลิตร และหมักไว้ 2 สัปดาห์ หรือใช้วิธีการพ่นเป็นฝอยโดยใช้ยูเรีย 20 กรัม ละลายน้ำในน้ำ 600 มิลลิลิตร ทั้ง 2 วิธี ใช้ในอัตราส่วนต่อฟางในสภาพแห้งหนัก 1 กิโลกรัม วิธีพ่นเป็นฝอย

หลังจากพ่นเป็นฝอยเสร็จให้แพะกินทันที โดยใช้แพะนมในวัยเจริญเติบโต จำนวน 32 ตัว การทดลองใช้เวลา 90 วัน พบว่า การใช้ฟางหมักยูเรียทำให้อัตราการเจริญเติบโตของแพะ (36.9±15 กรัมต่อวัน) สูงกว่าการกินฟางพ่นด้วยยูเรีย (3.3±15 กรัมต่อวัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาการใช้ฟางหมักยูเรียในสัตว์ชนิดอื่นเช่นการศึกษาในโค Wanapat (1985) พบว่าการหมักฟางข้าวด้วยยูเรียในอัตราส่วน น้ำ 100 ลิตรต่อยูเรีย 5 กิโลกรัม ต่อฟางข้าว 100 กิโลกรัม หมักทิ้งไว้ 10 วัน จะทำให้ฟางข้าวมีโปรตีนเพิ่มขึ้น 5-8% สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นประมาณ 10 หน่วย % และที่สำคัญคือสัตว์สามารถกินฟางหมักยูเรียได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 30% ยูเรียเป็นสารเคมีที่ใช้กันมากในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบต่ำให้มีคุณภาพดีขึ้น ซึ่งใช้กันทั้งในฟาร์มเกษตรทั่วไป และในระดับอุตสาหกรรมซึ่งในระดับอุตสาหกรรมนี้จะใส่ยูเรียในฟางข้าวที่หั่นหรือไม่ได้หั่น ส่วนในระดับฟาร์มเกษตรกรจะใช้ยูเรียที่ระดับ 5% ละลายในน้ำแล้ว นำไปเทราดลงบนฟางข้าวที่มีจำนวนเท่ากัน (weight basis) โดยขุดดินเป็นหลุมไซโลรองด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนหรือทำเป็นถุงหรือทำเป็นกอง หลังจากนั้นราดยูเรียที่ละลายน้ำแล้วก็ปิดคลุมด้วยพลาสติกใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์หรือน้อยกว่านี้ก็สามารถนำมาให้สัตว์กินได้

2.8.2 อาหารข้น

อาหารข้น หมายถึง อาหารที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือมีจำนวนโภชนะย่อยได้ทั้งหมดสูง และมีเยื่อใยหรือกากไม่เกิน 18% ได้แก่ อาหารประเภทเมล็ดพืช หรือผลพลอยได้จากพืช และอาหารที่มาจากสัตว์ เช่น รำ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง กากถั่วต่างๆ กากมะพร้าว เนื้อป่น เป็นต้น นอกจากนี้รวมถึงอาหารพวกแร่ธาตุและไวตามินต่างๆ ด้วย อาหารข้นมีความสำคัญใช้เสริมในสัตว์ในกรณีที่สัตว์ได้รับอาหารหยาบที่มีโภชนะต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือในสัตว์ที่ให้ผลผลิตสูงสัตว์ก็มีความต้องการอาหารที่มีโภชนะสูงตามไปด้วย

2.9 อาหารข้นแหล่งพลังงานจากคาร์โบไฮเดรต

วัตถุดิบอาหารประเภทพลังงาน วัตถุดิบอาหารสัตว์ในกลุ่มนี้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มพลังงานเข้าไปในอาหารประจำวันของสัตว์เป็นหลัก ส่วนใหญ่ได้จากเมล็ดธัญพืชและผลพลอยได้จากเมล็ดธัญพืช (cereal grains and by–products) พืชหัว (root and tuber crops) อาหารเหลวให้พลังงาน เช่น กากน้ำตาล และไขมัน

กากมันสำปะหลัง (cassava pulp) เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร ที่ได้จากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังกระบวนการผลิตเริ่มจากการนำหัวมันสดมีความชื้นประมาณ 63.8% มีแป้งประมาณ 27.7% มาแยกเอาดินออกและนำเข้าเครื่องสับเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วขูดหัวมันสำปะหลังหลังจากนั้นทำการแยกส่วนที่เป็นกากออกครั้งแรก ในส่วนที่เป็นแป้งนั้นแช่ในบ่อน้ำแป้ง ซึ่งจะ

นำไปทำการฟอกสีด้วยไอกำมะถันและจะนำแป้งนี้มาแยกกากออกเป็นครั้งที่ 2 ด้วยตะแกรงโยกอีก 2-3 ครั้ง น้ำแป้งที่ได้นี้จะนำไปทำให้ข้นด้วยวิธีการปั่นเหวี่ยงและเข้าเรื่องอบแห้งซึ่งจะได้แป้งมันสำปะหลังเพื่อนำไปคัดแยกโดยใช้ตะแกรงโยกต่อไป ส่วนที่เป็นกากที่ได้จากการคัดแยกทั้งสองครั้งเป็นส่วนที่เรียกว่ากากสำปะหลัง (สุรพงษ์, 2525) กากมันสำปะหลังในต่างประเทศ หรือ cassava meal หมายถึง หัวมันที่หั่นให้บางแล้วอบแห้ง จากนั้นจึงนำมาบดให้ละเอียด (พันทิพา, 2539) ส่วนในประเทศไทย มันปน คือกากมันที่เป็นเศษเหลือของหัวมันและมันเส้นที่ผ่านกระบวนการผลิตแป้งมันไปแล้ว จะมีสิ่งเจือปนมาก แต่ยังมีแป้งอยู่ 55-65% ด้วยเหตุนี้ คุณภาพของ กากมันของต่างประเทศกับไทยจะมีคุณภาพต่างกัน

2.10 วัตถุดิบอาหารประเภทโปรตีนจากพืช

มีโปรตีนรวมมากกว่า 16% ขึ้นไป มักใช้ผสมกับอาหารพลังงานเพื่อยกระดับโปรตีนในอาหารพลังงานให้สูงขึ้น จนเพียงพอกับความต้องการของสัตว์ แบ่งแหล่งที่ผลิตได้ 2 แหล่ง คือ โปรตีนจากสัตว์ และโปรตีนจากพืช

กากปาล์มเมล็ดใน เป็นผลพลอยได้ของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม กระบวนการผลิตเริ่มแรกรับผลปาล์มมาผ่านกระบวนการนึ่ง (sterilization) การนึ่งผลปาล์มสดในหม้อนึ่งความดันโดยการนึ่งจะใช้ไอน้ำโดยมีสภาวะอุณหภูมิ 130-150°C ความดัน 3 บาร์ ระยะเวลาทั้งหมดในการนึ่งต่อรอบ 2 ชั่วโมง ระยะเวลาที่ใช้นึ่ง 65-75 นาที (โครงการพัฒนาสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอุตสาหกรรมไทย, 2549) การนึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอ็นไซม์ที่จะหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นกรดไขมันอิสระอันจะเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมัน นอกจากนี้ยังทำให้ขั้วปาล์มนิ่มผลปาล์มร่วงจากทะลายง่าย ทำให้เนื้อเยื่อของผลปาล์มยุ่ย ง่ายต่อการหีบอัดน้ำมัน ผลปาล์มที่นึ่งเสร็จแล้วจะถูกนำเข้าเครื่องแยกผลปาล์มและทลายปาล์มออกจากกันใช้เครื่อง rotar drum thresher ผลปาล์มที่แยกได้จะถูกส่งไปยังเครื่องย่อยหรือหม้อกวน (digesters) ใช้อุณหภูมิประมาณ 80–90°C ประมาณ 15 นาที ส่งไปยังขั้นตอนการสกัดน้ำมันต่อไป กระบวนการสกัดน้ำมันและการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง ทำการสกัดด้วยเครื่องหีบเกลียวอัด (screw press) ส่วนที่เป็นของแข็ง pressed cake ซึ่งประกอบด้วยเมล็ดและเส้นใย จะถูกแยกออก โดยระบบไซโคลน ซึ่งประกอบด้วยลม หลังจากนั้นนำเมล็ดปาล์ม และกะลาไปเข้าระบบ แยกด้วยลมและความถ่วงจำเพาะ

(clay bath) เพื่อแยกเมล็ดในและกะลาออกจากกัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะขายเมล็ดในให้โรงงานสกัดน้ำมันเมล็ดใน (crude palm kernel oil, CPKO) แล้วนำเส้นใยไปเป็นเชื้อเพลิง การบีบน้ำมันเมล็ดใน เป็นการนำเมล็ดที่ได้จากการกะเทาะมาก็นำไปเข้าเครื่องบีบน้ำมัน ซึ่งมีความดันสูงเป็นตัวบีบ บีบเซลล์ให้แตกจนมีน้ำมันไหลออกมา เมื่อน้ำมันหมดจึงแยกส่วนที่เป็นโดยมีกากเมล็ดในเกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำมาขายทำเป็นอาหารสัตว์

2.11 การย่อยและการดูดซึมโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

2.11.1 การย่อยและการดูดซึมอาหารคาร์โบไฮเดรต

พลังงานที่สัตว์เคี้ยวเอื้องนำใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มาจากคาร์โบไฮเดรต ประกอบด้วย ธาตุ คาร์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) และ ออกซิเจน (oxygen) ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มตามโครงสร้างออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate) เช่น พืชอาหารสัตว์ cellulose, hemicellulose และคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate) เช่น แป้งและน้ำตาล

การย่อย soluble sugars, แป้ง และ sucrose คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะถูกย่อยได้ simple sugars (hexoses) โดยเอมไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ (microbial enzymes) โดยเฉพาะ cellulose simple sugars ที่ได้จะถูกจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์โดยผ่านขบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์จุลินทรีย์เองได้ผลิตผลของ pyruvate, lactate และ CO_2, VFAs (acetic, propionic และ butyric acids), methane และพลังงานในรูป adenosinetriphosphate (ATP)

กระบวนการย่อยและ เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรท

Hexose ----------> 2Pyruvate + 4 H + 2ATP

Pyruvate + H_2O ----------> 2Acetate + CO_2 + 2 H + ATP

Pyruvate + 4H ----------> 2Propionate + H_2O + ATP

2Pyruvate ----------> Butyrate + $2CO_2$ + 2ATP

CO_2 + $4H_2$ ----------> CH_4 + $2H_2O$ + ATP

VFAs จะถูกดูดซึมผ่าน rumen wall ทั้งนี้อัตราการซึมผ่านเป็นแบบ free diffusion ซึ่งไม่ได้อาศัยพลังงานในรูป ATP เป็นตัวช่วยในการดูดซึม ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายใน rumen มีผลต่อการดูดซึม VFAs อัตราการดูดซึมของ VFAs จะมีค่าสูงเรียงตามลำดับ คือ C4 > C3 > C2 ในสารละลายที่เป็นกรด ที่ pH ระหว่าง 5.0-5.5 อัตราการดูดซึมจะเร็วกว่าที่ pH 7.5-8.0 (วิศิษฐิพร, 2542)

2.11.2 การย่อยและการดูดซึมอาหารโปรตีน

โปรตีนจัดเป็นโภชนะที่มีความสำคัญต่อร่างกายของสัตว์ โปรตีนประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และ ไนโตรเจน (nitrogen) โปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนต่อเชื่อมกันเป็นลูกโซ่ยาวด้วยพันธะเป็บไทป์ อาหารโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปในจะถูกย่อยทำลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เป็นสารประกอบอย่างง่ายเช่น แอมโมเนีย, VFAs และคาร์บอนไดออกไซน์สารประกอบเหล่านี้รวมทั้งแอมโมเนียที่ได้จาก non- protein nitrogen (NPN) และ free amino acids จะถูกใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์เพื่อการเจริญเติบโต ซึ่งแบคทีเรียจะใช้ประโยชน์จากกรดอะมิโนนำมาผลิตเป็นจุลินทรีย์โปรตีน ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนหลักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในส่วนของโปรตีนจากอาหารซึ่งไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก (escaped protein, undegraded protein, undegradable protein, by-pass protein) โปรตีนก็จะไหลผ่านไปถูกย่อยต่อด้วย proteolytic enzymes ได้กรดอะมิโนแล้วซึมผ่านผนังลำไส้เข้าสู่กระแสเลือด โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยก็จะถูกขับออกในรูปของมูล (วิศิษฐิพร, 2542)

2.12 การป้องกันการย่อยสลายโปรตีนโดยการใช้ความร้อน

การให้ความร้อนนั้นมีหลายวิธี เช่น การอัดเม็ด การสกัดน้ำมัน การคั่ว การอบ การนึ่ง การต้ม และการตากแดด เป็นต้น วิธีการป้องกันโดยการใช้ความร้อนนี้เป็นที่นิยมทำในปัจจุบันวิธีการหนึ่งโดยที่กลไกของความร้อนจะทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (non-enzymatic browning reaction) ชนิดปฏิกิริยา maillard reaction คือปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างหมู่ carbonyl group (ของ aldehyde, ketones และ reducing sugar เช่น กลูโคส ฟรุคโตส เพนโทส) กับ α-amino group (ของกรดอะมิโน, amines, peptide และ protein) ได้เป็นสารประกอบในรูป amino sugar complex (Van Soest, 1994) เกิดพันธะที่ต่อต้าน enzymatic hydrolysis โดยจับกันที่หมู่ amines และ carbonyl group เพื่อหลบเลี่ยงการย่อยสลายในกระเพาะหมัก จากการศึกษาของ เมธา (2533) พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้มีค่า RUP สูงขึ้น ถ้าใช้ความร้อนที่มีอุณหภูมิที่สูงเกินไป จะทำให้การใช้ประโยชน์ได้ลดลง เกิดการทำลายกรดอะมิโน เช่น lysine นอกจากนั้น Faldet and Satter (1991) ทดลองใช้ความร้อน กับถั่วเหลือง พบว่าปริมาณของ available lysine ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้น ก็จะทำให้โปรตีนไหลผ่านสูงขึ้น

2.13 รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2549). **สถิติข้อมูลกรมปศุสัตว์ ปี 2549** [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.dld.go.th/ict/yearly/yearly49/stat49.htm

โครงการพัฒนาสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอุตสาหกรรมไทย. (2549). **ผลพลอยได้ของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ** [ออนไลน์]. ได้จาก: http//tei.or.th/

ถวัลย์ วรรณกุล. (2542). **การเลี้ยงและการป้องกันโรคแพะ**. สำนักพิมพ์สัตว์เศรษฐกิจแมกกาซีน. กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล. (2546). **การเลี้ยงดูและจัดการแพะ**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 145 หน้า.

ปริศนา จิตต์ปรารพ. (2543). ต้นทุนและผลตอบแทนจากการเลี้ยงแพะนมในฟาร์มขนาดใหญ่: กรณีศึกษาบริษัทสยามแผ่นดินทอง.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2539). **การจำแนกโภชนะและวัตถุดิบอาหารสัตว์**. การผลิตอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. หจก.ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 234 น.

วินัยประลมพ์กาญจน์.(2540).**อาหารและการให้อาหารแพะ**.คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา. 255 หน้า.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. (2542). **การผลิตแพะเนื้อและแพะนมในเขตร้อน**. ศูนย์บรรสารและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์, นครศรีธรรมราช.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2542). **เอกสารคำสอนการผลิตโค**. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศิริชัย ศรีพงศ์พันธุ์. (2531). **เอกสารคำสอนการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา.

สถาพร จิตตปาลพงษ์, อาคม สังข์วรานนท์, นงนุช ภิญโญภานุวัตน์, วิษณุวัฒน์ ฉิมน้อย และ วิทยา ขจีรัมย์. (2546). การศึกษาเบื้องต้นของพยาธิโปรโตซัวและหนอนพยาธิในทางเดินอาหารของแพะในจังหวัดสตูล. **รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 41 สาขาสัตวแพทย์**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมเกียรติ สายธนู. (2528). ลักษณะการเลี้ยงแพะในประเทศไทย. **ว.สงขลานครินทร์**. 7(1).

สมเกียรติ สายธนู, พีรศักดิ์ สุทธิโยธิน และ เสาวนิต คูประเสริฐ. (2541). **การกระจายตัวของประชากรแพะและลักษณะของแพะพันธุ์พื้นเมองของภาคใต้ รวมผลงานวิจัยการผลิตแพะ (2528-2540)**. ศูนย์วิจัยสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก ฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพงษ์ เจริญรัก. (2525). อุตสาหกรรมมันสำปะหลัง. **เอกสารวิชาการเล่มที่ 7 มันสำปะหลัง.** งานทะเบียนและประมวลสถิติ. กองแผนงานและวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรพล ชลดำรงค์กุล, สมเกียรติ สายธนู, เสาวนิต คูประเสริฐ, สุรศักดิ์ คชภักดี, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ อภิชาติ หล่อเพชร. 2543. **การประเมินประสิทธิภาพการผลิตในด้านต่าง ๆ และความเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงในประเทศไทยของแพะพันธุ์พื้นเมืองไทย เปรียบเทียบแพะลูกผสมพันธุ์พื้นเมืองไทย - แองโกลนูเบียนที่มีระดับสายเลือด 25% 50% และ 75%**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุไรพร จิตต์แจ้ง. (2549). นมแพะควรดื่มหรือไม่: **หมอชาวบ้าน**. 28(326): 38-40.

Encyclopaedia, B. (2004). **Goat** [Online]. Available: http://search.eb.com.proxy.lib.umich.edu/eb/articleu=37869.

Faldet, M. A. and Satter, L. D. (1991). Feeding heat-treated full fat soybeans to cow in early lactation **J. Dairy Sci**. 74:3047-3054.

Kearl, C. L. (1982). **Nutrient Requirement of Ruminants in Developing Countries**. International Feedstuffs Institute. UTAH Agricultural Experiment Station. Utah State University .USA.

National Research Council. (1981). **Nutrient Requirement of Goat National Academy Press**. Washington, D.C., U.S.A.

Pralomkarn, W., Saithanoo, S. W., Ngampongsai, Suwanrut, C. and Milton, J.T.B. (1996). Growth and puberty traits of Thai native (TN) and TN x Anglo-Nubian does. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 9:591-597.

Van Soest, P.J. (1994). **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd eds. Conell University Press, New York, USA.

Wanapat, M. (1985). Improving rice straw quality as ruminant feed by urea-treatment in Thailand. In: Proc. Int. **Workshop on Relevance of Crop Residues as Animal feed in Developing Countries**. (Eds. M. Wanapat and C. Devendra). Funny Press Pub. Ltd., Bangkok.

บทที่ 3
การศึกษาระดับของอาหารโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสมโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบในแพะเนื้อ

3.1 คำนำ

วิธีการเลี้ยงแพะให้ประสบผลสำเร็จนั้นผู้เลี้ยงต้องคำนึงถึงหลายปัจจัยเช่น พันธุ์สัตว์ การจัดการดูแลสุขภาพ การป้องกันโรค สำคัญที่สุดคืออาหาร โดยเฉพาะอาหารพลังงานและโปรตีนเป็นโภชนะหลักที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะพลังงานและโปรตีนเป็นอาหารหลักหรือใช้มากเมื่อเปรียบเทียบกับโภชนะอื่นๆ แพะมีความต้องการอาหารพลังงานและโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ (maintenance) และทำให้กระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) กระบวนการทางชีวเคมี (biochemical reaction) ในร่างกายเป็นไปตามปกติ ซึ่งจะทำให้ การเจริญเติบโต (growth) การให้ผลผลิต (production) และการสืบพันธุ์ (reproduction) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (เมธา วรรณพัฒน์, 2533) ในการเลี้ยงแพะส่วนใหญ่มักจะให้อาหารหยาบเป็นหลักเนื่องจากมีราคาถูกและหาได้ง่ายสะดวกต่อการให้ แต่การให้อาหารหยาบคุณภาพต่ำอย่างเดียว อาหารหยาบคุณภาพต่ำที่สัตว์กินเข้าไปจะย่อยยาก ใช้เวลาหมักอยู่ในกระเพาะเป็นเวลานาน ทำให้สัตว์ดูดซึมสารอาหารไปใช้ประโยชน์ได้ช้าทำให้สัตว์ได้รับโภชนะไม่เพียงพอกับความต้องการจึงควรเสริมอาหารข้น เนื่องจากอาหารข้นเมื่อสัตว์กินเข้าไปในปริมาณน้อย ก็ได้รับสารอาหารที่ร่างกายดูดซึมนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก พรพรรณ แสนภูมิ (2546) ทำการศึกษาผลของการใช้อาหารข้นร่วมกับฟางและฟางหมักต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตลักษณะซากและการยอมรับของผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะ โดยทำการทดลองในแพะและแกะตัวผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 20-25 กิโลกรัม จำนวน 16 ตัว ระดับโปรตีนในอาหารข้น (14 และ 16%) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการกินได้ของแพะและแกะ มีค่า 1.17 และ 1.46 กก./ตัว/วัน ตามลำดับ การศึกษาด้านโภชนะการของแพะยังมีอยู่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองกับโค ดังนั้นจึงมีความจำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัย

3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อการศึกษาผลของโปรตีนและพลังงานต่อปริมาณการกินได้กระบวนการย่อยได้ และการเจริญเติบโตในแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

3.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้แพะเนื้อเพศเมีย พันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกลนูเบียน 50-75% อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 17.0±5.0 กิโลกรัม

การทดลอง

การทดลองที่ 1 จัดการทดลองแบบ 4x4 ลาตินสแควร์ จำนวน 3 ซ้ำ (4x4 latin square design with 3 replications) โดยมี 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 คือระดับโปรตีน 2 ระดับ ที่ระดับโปรตีน 13% และ 15%

ปัจจัยที่ 2 คือระดับพลังงาน 2 ระดับ ที่ระดับพลังงาน 70%TDN และ 75%TDN

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มตาม Treatment

กลุ่มที่ 1 ได้รับระดับโปรตีน 13% และ พลังงาน 70%TDN (LPLE)

กลุ่มที่ 2 ได้รับระดับโปรตีน 13% และ พลังงาน 75%TDN (LPHE)

กลุ่มที่ 3 ได้รับระดับโปรตีน 15% และ พลังงาน 70%TDN (HPLE)

กลุ่มที่ 4 ได้รับระดับโปรตีน 15% และ พลังงาน 75%TDN (HPHE)

การจัดการสัตว์ทดลอง

ใช้แพะเนื้อกลุ่มละ 3 ตัว ทั้งหมดจำนวน 12 ตัว จัดแพะให้อยู่ในคอกขังเดี่ยวโดยมีรางอาหารและถังใส่น้ำสำหรับแพะทุกตัว จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลอง แล้วให้อาหารตามกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ช่วงการทดลองโดยแต่ละช่วงการทดลองใช้เวลา 21 วัน ใช้เวลาในการปรับตัวก่อนเปลี่ยนช่วงการทดลอง 14 วัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

การให้อาหารแก่สัตว์ทดลองได้จากตารางที่ 3.2 โดยสัตว์ทุกตัวจะได้รับอาหารทุกสูตร อาหารดังภาพที่ 3.1 แพะแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารข้นปริมาณ 300 กรัม/ตัว/วัน ตามสูตรอาหาร แพะได้รับอาหารหยาบและอาหารข้นในช่วงเช้าเวลา 08.00 น. และบ่ายเวลา 16.30 น. ของทุกวัน ตลอดการทดลอง ให้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ ให้กินแบบเต็มที่ *(ab libtum)*

	ซ้ำที่ 1				ซ้ำที่ 2				ซ้ำที่ 3			
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
P1	T1	T2	T3	T4	T2	T3	T4	T1	T3	T4	T1	T2
P2	T2	T3	T4	T1	T3	T2	T1	T4	T4	T1	T2	T3
P3	T3	T4	T1	T2	T4	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T4
P4	T4	T1	T2	T3	T1	T4	T3	T2	T2	T3	T4	T1

ภาพที่ 3.1 แผนผังงานทดลอง

P = period, T = treatment

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารและคุณค่าอาหาร

วัตถุดิบ	**LP**		**HP**	
	LE	**HE**	**LE**	**HE**
กากมันสำปะหลัง	79.0	85.6	77.2	76.1
กากถั่วเหลือง	6.3	8.0	9.0	18.0
กากน้ำตาล	10.0	2.0	9.0	2.3
ยูเรีย	2.7	2.4	2.8	1.6
เกลือ	1.0	1.0	1.0	1.0
พรีมิกซ์	1.0	1.0	1.0	1.0
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0
คุณค่าทางอาหารจากการคำนวณ				
โปรตีน (%)	13.5	13.1	15.0	15.0
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (TDN, %)	69.9	75.3	70.3	75.4

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75% TDN, TDN = total digestible nutrients

ในสูตรอาหารนี้คำนวณมาจากตารางที่ 3.2 กากถั่วเหลือง =76%, กากมันสำปะหลัง =79.0% (Kearl, 1982)

3.4 การเก็บข้อมูล

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง

ทำการวัดปริมาณการกินได้ทุกวันตลอดการทดลอง โดยสุ่มเก็บอาหารก่อนกินและหลังกิน 10% เป็นเวลา 5 วัน เมื่อครบ 5 วัน ของแต่ละช่วงการทดลองนำมารวมกัน และทำการสุ่มตัวอย่างอาหาร ก่อนกินและหลังกิน เพื่อนำไปบดเพื่อนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบโภชนะในอาหารได้แก่ วัตถุแห้ง, เถ้า เยื่อใยหยาบ และโปรตีนตามวิธีการ AOAC (1990) อีกทั้งวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเยื่อใย ได้แก่ neutral detergent fiber (NDF) และ acid detergent fiber (ADF) ตามวิธีการ Goering and Van Soest (1970)

การวัดน้ำหนักตัว

ได้ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักแพะก่อนการทดลอง และหลังเสร็จการทดลองทุกช่วงเวลาในการทดลอง และคำนวณอัตราการเจริญเติบโต และใช้ประกอบการคำนวณปริมาณการกินได้ (%BW และ g/kgBW$^{0.75}$)

การสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid)

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักในช่วงเวลาต่างๆ คือก่อนให้อาหาร ในเวลาที่ 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร โดยใช้เครื่อง suction ต่อสายยางสอดเข้าไปผ่านปากและหลอดอาหารไปยังกระเพาะหมักเก็บของเหลวในกระเพาะหมักประมาณ 40-60 มิลลิลิตร และวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ทันทีด้วยเครื่อง pH meter แบบสนาม (Mini Lab TSFET Model 10120)

สุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักเก็บมาประมาณ 25 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก (6 N) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร (ในอัตราส่วน rumen fluid 10 ส่วน ต่อ 6 N HCl 1 ส่วน) เพื่อเก็บรักษาและเป็นการหยุดชะงักกิจกรรมและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ก่อนนำไปเหวี่ยง (centrifuge) จนใส ด้วยความเร็ว 3,000 รอบ นาน 15 นาที เก็บเอาส่วนใส (supernatant) ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อเตรียมไว้สำหรับวิเคราะห์หากรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFAs) โดยใช้เครื่อง gas chromatography (GC) รุ่น (HP6890 GC METHOD) column Supelco wax ^{TM} 10 Fused silica capillary Column 30 n, 32 mm ID, 25µm film thickness Mfg. under HP U.S. patent 4, 293, 415 และวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน (ammonia-nitrogen, NH_3-N) ของของเหลวจากกระเพาะหมัก โดยวิธีการกลั่น ด้วยเครื่อง Distillation Unit ยี่ห้อ Gerhardt รุ่น Vapodest 30 ตามวิธีการของ Bromner and Keeney (1965)

การเก็บตัวอย่างเลือดวิเคราะห์ ยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ในระหว่างการทดลองจะมีการเก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณยูเรียในเลือดโดยทำการเก็บตัวอย่างเลือดแพะทั้งหมด 12 ตัว ทำการเจาะเลือดก่อนให้อาหาร ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร บริเวณเส้นเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ต่อตัว โดยใช้เข็มเบอร์ 16 ความยาว 1.5 นิ้ว โดยเก็บตัวอย่างเลือดในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดสำเร็จรูป เก็บใส่กระติกน้ำแข็ง จากนั้นนำตัวอย่างเลือดมาปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บตัวอย่างส่วนที่ใสด้านบนลงใน micro tube แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อทำการวิเคราะห์ blood urea nitrogen (BUN) ตามวิธีการของ Helmut and Lapointe (1959)

การเก็บรวบรวมตัวอย่างปัสสาวะ (collection of urine)

ทำการเก็บในช่วงสัตว์อยู่บนกรงเมแทบอลิซึม โดยทำการเก็บและวัดปริมาตรทั้งหมดที่ได้ติดต่อกัน 5 วัน ในช่วงสุดท้ายของระยะเก็บตัวอย่าง ทำการเติม กรดซัลฟูริกเข้มข้น 10% (10% H_2SO_4) ประมาณ 80-100 มิลลิลิตร เพื่อปรับ pH ของปัสสาวะที่มีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 ทั้งนี้เพื่อหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะเข้าไปย่อยสลายไนโตรเจนในปัสสาวะ สุ่มเก็บไว้ประมาณ 10% ของปัสสาวะทั้งหมด เพื่อนำไปรวมกับวันที่ 2, 3, 4และ 5 แล้วทำการสุ่มอีกครั้งประมาณ 5% แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อ 15 นาที เก็บเฉพาะส่วนใส เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะตามวิธีการของ (AOAC, 1990) วิเคราะห์หาความสมดุลไนโตรเจน (nitrogen balance)

การเก็บรวบรวมมูล (collection of feces)

ชั่งและบันทึกข้อมูลจากมูลที่เก็บได้ในแต่ละวัน แบ่งมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกนำมาอบที่ 100°C นาน 24-48 ชั่วโมง เพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้งทุกวัน อีกส่วนทำการสุ่มตัวแทนมาประมาณ 5% นำไปแช่เย็น นำมูลทั้ง 5 วันมาคลุกเคล้ากันให้ทั่วถึงแล้วสุ่มตัวอย่างมูลไปวิเคราะห์ทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารและมูล

ก่อนทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C นาน 24-48 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ สุ่มตัวอย่างประมาณ 5% ไปบด เพื่อทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ของอาหารและมูลตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ได้แก่ วัตถุแห้ง, เถ้า และโปรตีน (AOAC, 1990) ส่วน NDF และ ADF วิเคราะห์ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ตามแผนการทดลอง แบบ 4x4 ลาตินสแควร์ 3 ซ้ำ (4x4 latin square with 3 replications design) โดยใช้ Proc GLM (SAS, 1998) และใช้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

3.6 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่ กันยายน 2548 ถึง ธันวาคม 2549

3.7 ผลการทดลอง

3.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น

จากตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น คือ กากถั่วเหลือง มีวัตถุแห้ง 95.3%, โปรตีน 44.2%, ไขมัน 1.0%, เยื่อใยหยาบ 7.3%, NDF 9.1%, ADF 11.3%, ADL 1.7%, เถ้า 7.2% และ NFE 34.8% มี TDN (%) เท่ากับ 76.0 ส่วน กากมันสำปะหลัง มีวัตถุแห้ง 91.9%, โปรตีน 2.0%, ไขมัน 0.2%, เยื่อใยหยาบ 2.3%, NDF 10.4%, ADF 12.2%, ADL 0.6%, เถ้า 5.9% และ NFE 89.6% มี %TDN เท่ากับ 79.0

3.7.2 องค์ประกอบทางเคมีของฟางหมักยูเรียและสูตรอาหารทดลอง

จากตารางที่ 3.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารทดลองและฟางหมักยูเรีย พบว่า ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% มีวัตถุแห้ง 66.1%, เถ้า 7.1%, โปรตีน 6.0%, NDF 75.6% และ ADF 52.8% ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงแพะทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง พบว่าวัตถุแห้ง เถ้า, NDF และ ADF มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนโปรตีนมีค่าเท่ากับ 13.8, 13.0, 15.2 และ 15.8% ของแพะกลุ่ม LPLE, LPHE, HPLE และ HPHE ตามลำดับ

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมี (%)	กากถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง
วัตถุแห้ง	95.3	91.9
โปรตีน	44.2	2.0
ไขมัน	1.0	0.2
เยื่อใยหยาบ	7.3	2.3
NDF	9.1	10.4
ADF	11.3	12.2
ADL	1.7	0.6
เถ้า	7.2	5.9
NFE	34.8	89.6
TDN[1/]	76.0	79.0

[1/]การคำนวณปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ (ภาคผนวก ก.)

TDN = total digestible nutrients, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, NFE = nitrogen free extract, ADL = acid detergent lignin

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและฟางหมักยูเรีย

โภชนะ	ฟางหมัก[1/]	LP		HP	
		LE	HE	LE	HE
วัตถุแห้ง	66.1	89.2	89.7	91.8	91.1
เถ้า	7.1	6.5	8.8	8.0	7.7
โปรตีน	6.0	13.8	13.0	15.2	15.8
NDF	75.6	57.9	56.6	56.4	58.7
ADF	52.8	28.5	28.8	29.3	30.1

[1/] ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นเวลา 10 วัน

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

3.7.3 ปริมาณการกินได้และอัตราการเจริญเติบโต

ปริมาณการกินได้ของแพะจากตารางที่ 3.4 พบว่า แพะกลุ่ม LPLE มีปริมาณการกินได้ของอาหารข้น (กรัม/วัน) สูงกว่า แพะกลุ่ม LPHE, HPLE และ HPHE อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารข้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของแพะทุกกลุ่ม อย่างไรก็ตามเมื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก กลับพบว่า แพะกลุ่ม HPLE และ HPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม LPLE และ LPHE ระดับของโปรตีนและพลังงานเพิ่มขึ้นในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารข้นเพิ่มขึ้นของ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) และ ($p<0.02$) ส่วนไม่มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงาน ($p=0.75$)

ในการทดลองในครั้งนี้ แพะทุกกลุ่มการทดลองได้รับอาหารหยาบแบบเต็มที่ ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ พบว่า แพะกลุ่ม LPHE และ HPHE มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม LPLE เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่า แพะกลุ่ม LPHE และ HPHE มีปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE และ LPLE ระดับของพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารหยาบ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า แพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงที่สุด ($p<0.01$) เมื่อเทียบกับทุกกลุ่มการทดลอง มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ของอาหารหยาบ กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ปริมาณการกินได้ทั้งหมด พบว่า แพะกลุ่ม HPHE และ LPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม LPLE เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว พบว่า แพะกลุ่ม LPHE และ HPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม LPLE และ HPLE ระดับของโปรตีนในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อน้ำหนักตัวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) เมื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า แพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงกว่าแพะทุกกลุ่มการทดลอง ($p<0.01$) มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว (กรัม/วัน) ในตารางที่ 3.4 พบว่าระดับของโปรตีนและพลังงานไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะทั้ง 4 กลุ่มการทดลอง

ตารางที่ 3.4 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับโปรตีนและพลังงานร่วมกับฟางหมักยูเรีย

	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
ปริมาณการกินได้อาหารข้น/วัน									
กรัม/วัน	266[a]	264[b]	263[c]	261[d]	0.75	0.01	0.03	0.15	0.93
%BW[2/]	1.4	1.8	1.5	1.7	0.23	0.06	0.70	0.05	0.56
g/kg $BW^{0.75}$ [3/]	22.6[b]	26.0[b]	38.2[a]	42.6[a]	3.29	0.01	0.01	0.02	0.75
ปริมาณการกินได้อาหารหยาบ/วัน									
กรัม/วัน	347[ab]	383[a]	314[b]	369[a]	20.42	0.01	0.56	0.25	0.82
%BW	1.4[b]	2.1[a]	1.4[b]	2.1[a]	0.07	0.01	0.92	0.01	0.84
g/kg $BW^{0.75}$	42.4[c]	49.0[b]	47.3[bc]	76.0[a]	3.73	0.01	0.01	0.01	0.01
ปริมาณการกินได้รวม/วัน									
กรัม/วัน	613[ab]	647[a]	578[b]	630[a]	26.06	0.01	0.51	0.28	0.83
%BW	2.8[b]	4.0[a]	2.9[b]	3.8[a]	0.13	0.01	0.94	0.01	0.71
g/kg $BW^{0.75}$	65.0[d]	75.0[c]	85.0[b]	119.0[a]	1.20	0.01	0.01	0.01	0.01
การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว									
กรัม/วัน	63	133	133	171	64.94	0.14	0.16	0.16	0.66

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70 %TDN, HE = 75 %TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

[2/] %BW = เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว, [3/] $g/kgBW^{0.75}$ = กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$

3.7.4 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

จากตารางที่ 3.5 แสดงปริมาณการย่อยได้ ของแพะที่ได้รับอาหารทดลอง ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุ พบว่าทั้ง 4 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน และ ADF สูงกว่า ($P<0.05$) ทุกกลุ่มการทดลอง ปริมาณการย่อยได้ของ NDF พบว่าแพะกลุ่ม LPHE และ HPHE สูงกว่า แพะกลุ่ม LPLE แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม HPLE ปริมาณการย่อยได้ของ ADF ของแพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงที่สุด นอกจากนั้นแล้ว มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อ

ปริมาณการกินย่อยได้ของ NDF และ ADF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อปริมาณการย่อยได้ของโปรตีนและ NDF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ตารางที่ 3.5 การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

โภชนะ	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
วัตถุแห้ง	67.8	69.0	68.2	66.8	1.83	0.42	0.31	0.98	0.14
อินทรียวัตถุ	81.0	79.3	79.9	80.6	0.48	0.34	0.46	0.12	0.87
โปรตีน	49.0[c]	54.5[b]	55.6[b]	64.0[a]	2.14	0.01	0.01	0.01	0.21
NDF	46.7[b]	51.2[a]	49.6[ab]	50.0[a]	2.18	0.04	0.01	0.01	0.01
ADF	35.9[b]	36.1[b]	36.6[b]	41.2[a]	0.89	0.03	0.10	0.17	0.01

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13 %CP, HP = 15 %CP, LE = 70 % TDN, HE = 75 % TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน NDF= neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

3.7.5 ความสมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance)

สมดุลของไนโตรเจน ดังแสดงในตารางที่ 3.6 ค่าของไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล, ปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกมาทั้งหมด ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่แพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน ค่าการดูดซึมของไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายแพะ สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 3.6 สมดุลของไนโตรเจนของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

ไนโตรเจน (g)	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
N intake	18.7[c]	19.3[b]	19.4[b]	20.1[a]	0.13	0.01	0.01	0.95	0.01
Feces N	10.7	10.7	10.7	11.0	0.15	0.85	0.57	0.79	0.49
Urine N	4.0	4.3	4.0	4.4	0.31	0.16	0.81	0.90	0.05
N output	14.7	15.3	14.6	15.1	0.57	0.30	0.10	0.85	0.67
N absorption	7.8[b]	8.4[b]	8.7[b]	9.4[a]	0.47	0.01	0.07	0.71	0.01
N retention	4.0[b]	4.0[b]	4.7[ab]	5.0[a]	0.13	0.01	0.51	0.76	0.01
N retention, %	20.8	24.3	21.1	24.6	2.47	0.07	0.28	0.49	0.69

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70% TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน (การคำนวณค่าสมดุลของไนโตรเจนของแพะดังภาคผนวก ก. หน้า 82)

3.7.6 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

จากตารางที่ 3.7 แสดงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ พบว่า ก่อนการให้อาหารและ หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของแพะทั้ง 4 กลุ่ม ไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะหมัก เท่ากับ 7.2, 7.1, 7.0 และ 7.1 ของแพะกลุ่ม LPLE, LPHE, HPLE และ HPHE ตามลำดับ

3.7.7 ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

จากตารางที่ 3.8 แสดงความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ พบว่าก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ของแพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่ม ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ มีค่าเท่ากับ 11.8, 11.8, 11.8 และ 11.5 mg%

ตารางที่ 3.7 ความเป็นกรด-ด่าง ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

pH	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
เวลา (ชั่วโมง)									
0	7.4	7.4	7.3	7.3	0.09	0.13	0.12	0.31	0.78
3	7.2	7.0	7.1	7.2	0.04	0.08	0.29	0.55	0.22
6	7.1	6.9	6.7	6.9	0.19	0.07	0.05	0.82	0.14
เฉลี่ย	7.2	7.1	7.0	7.1	0.12	0.20	0.28	0.73	0.11

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

ตารางที่ 3.8 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของ ของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

NH_3-N[2/]	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
เวลา (ชั่วโมง)									
0	9.8	11.0	6.9	9.8	4.40	0.61	0.48	0.30	0.76
3	11.0	10.3	11.5	10.1	2.94	0.89	0.05	0.66	0.33
6	14.6	14.0	14.1	14.7	2.67	0.98	0.54	0.06	0.78
เฉลี่ย	11.8	11.8	10.8	11.5	0.74	0.99	0.71	0.89	0.77

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

[2/] NH_3-N = แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

3.7.8 ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

จากตารางที่ 3.9 แสดงความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดวัดก่อนให้อาหาร หลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดไม่ความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่ความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน-ไนโตรเจน มีค่าเท่ากับ 7.6, 7.0, 8.7 และ 7.9 mg%

ตารางที่ 3.9 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (mg%) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

BUN[2/]	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
เวลา (ชั่วโมง)									
0	6.6	6.3	7.5	6.7	0.30	0.20	0.83	0.09	0.20
3	9.6	8.3	9.8	8.7	0.54	0.18	0.22	0.62	0.72
6	6.6	6.5	8.9	8.8	0.88	0.13	0.18	0.54	0.78
เฉลี่ย	7.6	7.0	8.7	7.9	0.43	0.64	0.17	0.15	0.83

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

[2/] BUN = blood urea nitrogen

3.7.9 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของ ของเหลวจากกระเพาะหมัก

จากตารางที่ 3.10 แสดงค่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวม ก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระเหยได้รวมมีค่าเท่ากับ 40.6, 38.0, 40.8 และ 42.2 m mol/l

แสดงปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ (ตารางที่ 3.11) ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย ค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค (acetic acid, C_2) ก่อนให้อาหาร ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย พบว่า มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม แต่ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ของแพะกลุ่ม LPLH, LPHE และ HPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่ม HPLE ค่าเฉลี่ยของ C_2 พบว่ามีค่าเท่ากับ 46.5, 45.3, 44.8 และ 47.3 m mol/l

ค่าความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) ก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ C_3 มีค่าเท่ากับ 27.0, 30.8, 26.9 และ 26.3 m mol/l

ค่าความความเข้มข้นของกรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ก่อนให้อาหาร แพะกลุ่ม LPHE มีค่าสูงกว่าแพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม LPLE และ HPHE จากนั้น ที่เวลา 3, 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร และค่าเฉลี่ย ของแพะที่ทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าค่าความเข้มข้นของ C_4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ C_4 มีค่าเท่ากับ 26.5, 27.4, 25.7 และ 25.6 m mol/l

สัดส่วนกรดอะซิติคต่อกรดโพรพิโอนิก (C_2:C_3) ก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3, 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ย C_2:C_3 มีค่าเท่ากับ 2.6, 1.8, 2.4 และ 2.2 m mol/l

ตารางที่ 3.10 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

TVFA[2/]	**LP**		**HP**		**SEM**	**P-value**	**Effect**[1/]		
(m mol/l)	**LE**	**HE**	**LE**	**HE**			**P**	**E**	**P*E**
เวลา (ชั่วโมง)									
0	36.4	30.1	32.4	30.7	3.41	0.06	0.38	0.13	0.50
3	39.4	39.9	40.7	46.3	4.44	0.12	0.51	0.43	0.31
6	46.0	44.0	49.4	49.6	2.57	0.83	0.84	0.86	0.40
เฉลี่ย	40.6	38.0	40.8	42.2	4.59	0.93	0.68	0.90	0.64

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

[2/]TVFA =total volatile fatty

ตารางที่ 3.11 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย

VFA[1/]	LP		HP		SEM	P-value	Effect[1/]		
(mol/100ml)	LE	HE	LE	HE			P	E	P*E
Acetic acid, C_2									
0	42.8	38.9	44.3	44.4	3.56	0.12	0.38	0.40	0.13
3	46.9	45.7	49.4	48.8	3.20	0.36	0.90	0.71	0.28
6	49.7[a]	51.3[a]	40.8[b]	48.6[a]	1.56	0.04	0.06	0.29	0.12
เฉลี่ย	46.5	45.3	44.8	47.3	1.82	0.87	0.95	0.81	0.49
Propionic acid, C_3									
0	29.4	32.2	29.9	28.9	2.38	0.23	0.17	0.51	0.31
3	27.0	26.8	25.2	25.5	2.08	0.52	0.88	0.96	0.33
6	24.7	33.3	25.5	24.5	5.10	0.06	0.07	0.15	0.13
เฉลี่ย	27.0	30.8	26.9	26.3	1.58	0.25	0.18	0.35	0.21
Butyric acid, C_4									
0	27.8[ab]	28.9[a]	25.8[b]	26.7[ab]	0.52	0.04	0.92	0.33	0.05
3	26.1	27.5	25.4	25.7	1.50	0.23	0.60	0.42	0.26
6	25.6	25.9	25.9	24.3	2.64	0.80	0.53	0.66	0.69
เฉลี่ย	26.5	27.4	25.7	25.6	0.65	0.24	0.08	0.56	0.44
C_2:C_3									
0	1.6	1.4	1.8	1.7	0.20	0.13	0.62	0.32	0.14
3	4.1	2.4	3.5	2.7	1.20	0.21	0.51	0.06	0.88
6	2.0	1.7	1.9	2.2	0.31	0.24	0.56	0.75	0.86
เฉลี่ย	2.6	1.8	2.4	2.2	0.52	0.78	0.85	0.39	0.62

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

LP = 13%CP, HP = 15%CP, LE = 70%TDN, HE = 75%TDN

[1/] P = อิทธิพลของโปรตีน, E = อิทธิพลของพลังงาน, P*E = interaction โปรตีนและพลังงาน

3.8 วิจารณ์ผลการทดลอง

3.8.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารข้น

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 3.2 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด พบว่า กลุ่มที่ใช้เป็นแหล่งพลังงาน ได้แก่ กากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีของโปรตีนและไขมันต่ำ โดยมีวัตถุแห้งมีค่า 91.9 ใกล้เคียงกับ ปิตุนาถ หนูเสน (2547) มีค่าเท่ากับ 91.2 % และ โปรตีนใกล้เคียงกับการรายงานของ ปิตุนาถ (2547) (2.0%) อย่างไรก็ตามวัตถุแห้ง โปรตีน และไขมันขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง และอายุของมันสำปะหลัง เยื่อใยมีค่า 2.3% ซึ่งน้อยกว่า ปิตุนาถ (4.3%) ส่วน NDF และ ADF มีค่าเท่ากับ 10.4 และ12.2% จะต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ที่รายงานไว้ (37.6 และ 17.8%) ส่วนเถ้ามีค่าเท่ากับ 5.9% มากกว่าปิตุนาถ (2547) มีค่าเท่ากับ 3.8% ระดับเปอร์เซ็นต์ที่สูงต่ำของเถ้าอาจเป็นการปลอมปนของเศษของดิน หรือ ทรายที่อยู่ในบริเวณลานตากกากมันสำปะหลัง อย่างไรก็จะเห็นว่ากากมันสำปะหลังมีโภชนะที่ค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะโปรตีนแล้ว ซึ่งคุณค่าทางโภชนะในกากมันสำปะหลังนั้น ขึ้นอยู่กับอายุของมันสำปะหลังที่ส่งเข้าโรงงานผลิตแป้งมัน พันธุ์ของมันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ย ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้กระบวนการสกัดแป้งออกก็ส่งผลถึงองค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลังอีกด้วย

กลุ่มที่ใช้เป็นแหล่งโปรตีน ได้แก่ กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง 95.3% ใกล้เคียงกับรายงานของ ปิตุนาถ (2547) ที่รายงานไว้ (92.1) แต่ค่าที่ได้สูงกว่า พวน ทัศพงษ์ (2543) ที่รายงานไว้คือ 88.4 และ 90.0% ตามลำดับ โปรตีนที่มีค่าเท่ากับ 44.2% ใกล้เคียงกับ พวน (2543) และ ปิตุนาถ (2547) โดยมีค่า 44.6 และ 48.5% ตามลำดับ เถ้ามีค่า 11.3% ซึ่งใกล้เคียงกับ พวน (2543) และ ปิตุนาถ (2547) (6.8 และ 6.6% ตามลำดับ) ไขมันมีค่า 1.0% ใกล้เคียงกับ ปิตุนาถ (2547) 0.9 % แต่สูงกว่า พวน (2543) (0.72%) เยื่อใยมีค่า 7.3% สูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ที่รายงานไว้ที่ 5.9% NDF มีค่าเท่ากับ 9.1% ใกล้เคียงกับ ปิตุนาถ (2547) 15.3% แต่สูงกว่า พวน (2543) (9.7%) ADF มีค่าใกล้เคียงกับ พวน (2543) และ ปิตุนาถ (2547) (8.3, 7.4, 10.0 และ 1.4 % ตามลำดับ) ส่วน ADL มีค่าเท่ากับ 1.7% สูงกว่า ปิตุนาถ (2547) 1.3% ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดน้ำมัน และพันธุ์ของถั่วเหลือง

3.8.2 องค์ประกอบทางเคมีของ ฟางหมักยูเรียและสูตรอาหารทดลอง

จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 3.3 พบว่า ฟางหมักยูเรีย 5% มีวัตถุแห้ง 66.1 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการรายงานของ เกษม ทั่งทอง (2530) พรพรรณ (2546), ศิวพร วรอนุ (2543), อรอนงค์ พวงชมภู (2543),สุรศักดิ์ จิตตะโคตร์ (2542), ไพบูลย์ ใจเด็ด (2532) และ พนอม ศรีวัฒนสมบัติ (2526) ที่รายงานไว้ที่ 57.3, 55.5, 56.6, 58.1, 64.6 และ 49.6% ตามลำดับ

เมธา วรรณพัฒน์ (2533) รายงานว่าฟางหมักที่ดีควรมีจะมีวัตถุแห้งประมาณ 40-50% จะทำให้ฟางหมักมีความนุ่มน่ากิน จากนั้นเถ้า 7.1% สูงกว่า สุรศักดิ์ (2542) (5.2%) และต่ำกว่าที่รายงานโดย พรพรรณ (2546), ศิวพร (2543), อรอนงค์ (2543), เกษม (2530), ไพบูลย์ (2532) และ พนอม (2526) (9.7, 12.1, 6.0, 6.7, 11.1 และ10.3% ตามลำดับ) ทั้งนี้มีโปรตีน 6.0% ซึ่งมีค่าเท่ากับ Wanapat (1985) มีค่าสูงกว่า พรพรรณ (2546) และ พนอม (2526) ที่รายงานไว้ที่ 6.3% แต่มีค่าต่ำกว่าการรายงานของ ศิวพร (2543), อรอนงค์ (2543), สุรศักดิ์ (2542), ไพบูลย์ (2532) และ เกษม (2530) (6.9, 6.8, 7.5, 6.9 และ 7.2% ตามลำดับ) เนื่องจาก NDF เท่ากับ 75.6% มีค่าใกล้เคียงกับ พรพรรณ (2546) และ เกษม (2530) (76.3 และ 76.1%) มีค่าสูงกว่าที่รายงานโดย ศิวพร (2543) และไพบูลย์ (2532) 67.3 และ 70.4% แต่มีค่าน้อยกว่า สุรศักดิ์ (2542) และ อรอนงค์ (2543) (78.9 และ 86.3%) และ ADF เท่ากับ 52.8% สอดคล้องกับรายงาน ศิวพร (2543) มีค่าเท่ากับ 55.3% แต่มากกว่า ไพบูลย์ (2532) และ พนอม (2526) (46.4 และ 48.5%) และน้อยกว่าพรพรรณ (2546) และ สุรศักดิ์ (2542) (58.2 และ 58.3%)

3.8.3 ปริมาณการกินได้และการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะ

จากการทดลองในครั้งนี้ สัดส่วนอาหารข้นต่ออาหารหยาบอยู่ระหว่าง 40:60 ปริมาณการกินได้ของแพะที่ได้รับจากอาหารข้น มีผลต่อการได้รับโภชนะในอาหารของร่างกายสัตว์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของสัตว์ การวัดปริมารการกินได้ของการทดลองในครั้งนี้ แบ่งเป็น ปริมาณการกินได้ของอาหารข้น ปริมาณการกินได้โดยอิสระของอาหารหยาบ และปริมาณการกินได้ทั้งหมด สำหรับการกินได้อย่างอิสระของอาหารหยาบคือ ฟางหมักยูเรีย 5% แสดงในตารางที่ 3.4 ปริมาณการกินได้ทั้งหมดของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 613, 647, 578 และ 630 กรัม/วัน เมื่อคิดเป็นกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน มีค่าเท่ากับ 65.0, 75.0, 85.0 และ 119.0 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน ซึ่งมีค่ามากกว่า Devendra and Burns (1983) รายงานว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณวัตถุแห้งที่ใช้สำหรับการดำรงชีพของแพะเขตร้อนประมาณ 1.4-1.7 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (45-50 กรัมต่อน้ำหนักเมแทบอลิกต่อวัน) อย่างไรก็ตามขึ้นอยู่กับคุณค่าของอาหารที่แพะกินด้วย จากการทดลองพบว่า แพะกลุ่ม HPHE และ LPHE มีค่าสูงกว่า ($p<0.01$) แพะกลุ่ม HPLE แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม LPLE สอดคล้องกับการทดลองของพวน (2543) ระดับพลังงานที่สูงขึ้น ทำให้ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งสูงกว่าระดับของอาหารพลังงานต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากปริมาณโปรตีนที่กินมีปริมาณมากกว่าความต้องการ ซึ่งแพะจะต้องใช้พลังงานจำนวนมาก มาขจัดปริมาณโปรตีนส่วนเกินออกจากร่างกาย Amos (1986) รายงานระดับของโปรตีนและพลังงานไม่มีปฏิสัมพันธ์ ต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุ

แห้งและ การกินได้ของพลังงานต่อโปรตีน การกินได้จะขึ้นอยู่กับความต้องการพลังงานของร่างกาย โดยเฉพาะสัตว์ที่กำลังเจริญเติบโตจะต้องการพลังงานมากกว่าสัตว์ที่โตเต็มวัย (NRC, 1981)

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว กรัม/วัน (ตารางที่ 3.4) พบว่า แพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 สูตร มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว กรัม/วัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับ อนันท์ เชาว์เครือ, กฤตพล สมมาตย์, สากล กาญจนจิต, สนั่น เหลียงไพบูลย์ และ อารียา ทองประยู (2545) รายงานว่าการเสริมอาหารโปรตีนที่มีระดับโปรตีนแตกต่างกัน 14, 17 และ 20% พบว่า มีอัตราการเจริญเติบโต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) Kuprasert et al. (2000) ทำการศึกษาในแพะที่ได้รับจากอาหารข้นที่มีพลังงาน คือที่ระดับ 2,700 และ 2,900 kcal/kg ME และระดับโปรตีนในอาหารข้น คือ 10, 12 และ 14% แพะที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนและพลังงานระดับต่างกัน มีอัตราการเจริญเติบโต ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และ วันทนีย์ พลวิเศษ (2545) เปรียบเทียบระดับโปรตีนของอาหารข้น 13, 16, 19 และ 22% ไม่มีความแตกต่างกันของอัตราการเจริญเติบโต แต่การรายงาน ณัฐพล เพ็งบูญโสม, สุรศักดิ์ คชภักดี, วสันต์ ใหญ่คำมา และ สุวรรณี คำมี (2546) พบว่าแพะที่ได้รับอาหารข้นที่มีโปรตีน 14 และ 18% มีอัตราการเจริญเติบโต (87.2 และ 99.3 กรัม/ตัว/วัน) สูงกว่าแพะที่ได้รับการเสริมอาหารข้นที่มีโปรตีน 12% (61.7 กรัม/ตัว/วัน)

3.8.4 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

จากการทดลองในครั้งนี้พบว่า ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของแพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ ภัทยา ภาคมฤค (2547)ได้ศึกษาในโคนมที่ได้รับโปรตีน 12, 14, 16 และ 18% ในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน อินทรียวัตถุ และเยื่อใย NDF ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) จากการทดลองยังพบว่าแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร HPHE มีปริมาณการย่อยได้ของโปรตีน สูงกว่า ($P<0.05$) ทุกกลุ่มการทดลอง สอดคล้องกับ พวน (2543) รายงานว่า โคกลุ่มที่ได้รับโปรตีนสูงจะกินโปรตีนและดูดซึมได้สูงกว่า กลุ่มที่ได้รับโปรตีนต่ำ และ ปริมาณการย่อยได้ของ ADF พบว่า แพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการย่อยได้ สูงที่สุด ($P<0.05$)

3.8.5 ความสมดุลของไนโตรเจน (nitrogen balance)

ผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่าค่าของไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล, ปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกมาทั้งหมด ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) อย่างไรก็ตามแพะกลุ่ม HPHE มีปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน ค่าการดูดซึมของไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกายแพะ สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่มอื่นๆ สอดคล้องกับ Devendra (1984)

รายงานว่า ความผันแปรของพลังงาน มีผลต่อปริมาณ ไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย และในกรณีที่สัตว์ได้รับไนโตรเจน ในอาหารต่ำ ลดการขับยูเรียออกทางปัสสาวะ ทำให้มีปริมาณยูเรียหมุนเวียนกลับเข้าสู่กระเพาะหมักได้อีก เพื่อเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์โปรตีน

3.8.6 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

ก่อนการให้อาหารและ หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ หลังการให้อาหารจะมีค่าลดลงเนื่องจากแพะได้รับอาหารข้นและเกิดการหมัก อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของค่าความเป็นกรด-ด่างของของเหลวจากกระเพาะหมักอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ สอดคล้องกับ วินัย ประลมพ์ กาญจน์ (2538) ซึ่งรายงานว่ากรด-ด่างในกระเพาะหมักจะเป็นกรดเล็กน้อยแต่จะไม่ต่ำกว่า 5.5 การควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระเพาะหมัก จะขึ้นอยู่กับการควบคุม pH ในกระเพาะหมัก ระบบที่เกิดขึ้นดังนี้คือ rumination → saliva production → pH value จะเห็นว่าการที่มีอาหารหยาบระดับหนึ่งในกระเพาะหมักมีความจำเป็นมาก เพื่อทำให้การควบคุม pH ในกระเพาะหมักเหมาะสมขึ้น อย่างน้อยควรมีอาหารหยาบ 40%ของอาหารทั้งหมด หรือ 20% ของเยื่อใยหยาบในอาหารทั้งหมด ของ pH ลดลงเมื่ออาหารมีระดับของอาหารข้นสูงและ pH จะสูงขึ้นเมื่อได้รับอาหารที่มีอาหารหยาบสูง (เมธา, 2533)

3.7.7 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ

ก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง ของแพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่ม พบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะ มีค่า สอดคล้องกับ Boniface et al. (1986) ได้รายงานว่า การย่อยได้จะเกิดสูงสุด เมื่อค่า แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในกระเพาะหมัก อยู่ระหว่าง 4-12 mg% และ Hadjipanayiotou (1995) รายงานค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในของเหลวจากกระเพาะหมักในแพะอยู่ระหว่าง 9.9-10.8 mg% แต่มีค่ามากว่า Satter and Slyter (1974) รายงานความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในกระเพาะหมักว่าควรมีปริมาณ 4-5 mg% และน้อยกว่า Wanapat and Pimpa (1999) ความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ระดับ 13.6-17.6 mg% อย่างไรก็ตามค่านี้จะแปรปรวนมาก ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนั้นการตีความหมายของค่าจึงจะต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับของการให้อาหาร ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนในอาหารแหล่งของคาร์โบไฮเดรทที่มีและแหล่งของแร่ธาตุ ความถี่ของการให้อาหาร เป็น

3.8.8 ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน มีค่าระหว่าง 7.03- 8.7 mg% ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ เมธา (2533) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติอยู่ในช่วง 6.3-25.5 mg% เนื่องจากร่างกายสัตว์สามารถนำยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดกลับมาใช้ได้ใหม่ จึงไม่สามารถระบุระดับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ว่าระดับได้ทำให้สัตว์อยู่ในสภาวะที่ได้รับไนโตรเจนต่ำกว่าที่กำหนด การเพิ่มขึ้นของระดับยูเรียในกระแสเลือด เป็นผลมาจากการที่สัตว์กินอาหารที่มีปริมาณ โปรตีน หรือ สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนในระดับสูงเกินไป เมื่ออาหารดังกล่าวตกลงสู่กระเพาะรูเมนถูก จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนโดยเฉพาะกลุ่มที่ย่อยสลายโปรตีนเข้าย่อยสลายได้แอมโมเนีย เป็นผลผลิตสุดท้าย ส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นโปรตีนในเซลล์จุลินทรีย์ แต่กรณีที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ดีในปริมาณที่ไม่พอเพียง แอมโมเนียบางส่วนจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดลำเลียงเข้าสู่ตับ เพื่อสังเคราะห์เป็นยูเรีย

3.8.9 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของ ของเหลวจากกระเพาะหมัก

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวม ก่อนให้อาหาร หลังการให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากภายในกระเพาะหมักมีการหมักย่อยอย่างเหมาะสม คือได้รับอาหารพลังงานจากการย่อยคาร์โบไฮเดรท และ สัตว์ได้รับพลังงานจากกรดไขมันระเหยได้จาการย่อยคาร์โบไฮเดรท จุลินทรีย์ได้รับแอมโมเนียจากการย่อยฟางหมักยูเรีย ได้รับโปรตีนแท้จากกากถั่วเหลือง จากการทดลองพบว่าระดับของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด เพิ่มขึ้นตามระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ที่เพิ่มขึ้นในของเหลวจากกระเพาะหมัก แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์มีการนำแอมโมเนียไปใช้ในกระบวนการหมักร่วมกับกรด คีโต ที่ได้จากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรท นอกจากนี้การสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมัก เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่างจะมีผลต่อชนิดของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมัก และการปรับสภาพภายในกระเพาะหมัก และมีผลต่อการผลผลิตสุดท้าย เช่น กรดไขมันระเหยได้ และจุลินทรีย์โปรตีนที่ไหลผ่านไปยังลำไส้เล็ก ในที่สุด แต่จากการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังนั้นการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ มีผลมาจากปัจจัยอย่างอื่น โดยพบว่าระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน, การเก็บกักในร่างกาย, ผลผลิตจุลินทรีย์โปรตีน และประสิทธิภาพในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ในกลุ่ม HPHE ทำให้มีการกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้น

กรดไขมันระเหยได้ ของแพะที่ได้รับระดับโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นร่วมกับฟางหมักยูเรีย ค่าเฉลี่ย กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก มีค่าเท่ากับ (46.5,

45.3, 44.8 และ 47.3 m mol/l), (27.0, 30.8, 26.9 และ 26.3 m mol/l) และ (26.5, 27.4, 25.7 และ 25.6 m mol/l) ไม่สอดคล้องกับ รายงานของ เมธา (2533) ที่กล่าวว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และกรดบิวทีริก มีค่าประมาณ 62, 22 และ 16 % ตามลำดับ แต่ก็อย่างไรตามพบว่าสัดส่วนของกรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิกมีประมาณ 2.6, 1.8, 2.4 และ 2.2 m mol/l ตามลำดับ เนื่องจากสูตรอาหารผสมที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากซึ่ง Mansfield et al. (1994) รายงานว่า อาหารคาร์โบไฮเดรท และโปรตีน ต่างก็มีผลต่อการสังเคราะห์กรดไขมันระเหยได้ แต่อาหารโปรตีนจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด มากกว่า และพบว่าอาหารคาร์โบไฮเดรท มีผลต่อ การสังเคราะห์กรดอะซิติค และกรดบิวทีริค มากกว่าอาหารโปรตีน จากผลการทดลองในครั้งนี้ พบว่ากรดโพรพิโอนิกในแต่ละกลุ่มทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง โดยเฉพาะในกลุ่ม LPHE แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการนำกรดไขมันระเหยได้ไปใช้ประโยชน์ทั้งนี้เพราะว่า กรดโพรพิโอนิกมีประสิทธิภาพในการให้พลังงานสูงที่สุด ในขณะที่กรดอะซิติค มีประสิทธิภาพต่ำกว่า บุญล้อม (2541)

3.9 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของโปรตีนและพลังงานต่อปริมาณการกินได้กระบวนการย่อยได้ และการเจริญเติบโตในแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบของแพะที่ได้รับอาหารทั้ง 4 กลุ่ม ได้แก่ LPLE, LPHE, HPLE และ HPHE จากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

จากผลการทดลองในครั้งนี้ ปริมาณการกินได้ทั้งหมด พบว่า มื่อคิดเป็น กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก พบว่า แพะกลุ่ม HPHE มีค่าสูงกว่าแพะทุกกลุ่มการทดลอง ($p<0.01$) มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อการกินได้ทั้งหมด กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักเมแทบอลิก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานไม่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะกรัมต่อวัน

ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นไม่มีผลต่อปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุของ แพะทุกกลุ่มการทดลอง แต่ มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อปริมาณการกินย่อยได้ของ NDF และ ADF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นมีผลต่อปริมาณการย่อยได้ของโปรตีนและ NDF อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$)

ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นไม่มีผลต่อ ค่าของไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล, ปัสสาวะ และไนโตรเจนที่ขับออกมาทั้งหมด ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม แต่ พบว่าแพะกลุ่ม HPLE มี

ค่าปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน, ค่าการดูดซึมของไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย สูงที่สุด ($p<0.01$) มี interaction ระหว่างโปรตีนและพลังงานในอาหารข้น ต่อ ปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน, ค่าการดูดซึมของไนโตรเจน และค่าไนโตรเจนที่กักเก็บในร่างกาย ระดับของโปรตีนในอาหารข้นมีผลต่อปริมาณการกินได้ของไนโตรเจน

ระดับของโปรตีนและพลังงานในอาหารข้นไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง, ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตเจน ในกระเพาะหมักของแพะ, ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด และปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม

3.10 รายการอ้างอิง

เกษม ทั่งทอง. (2530). ผลของการใช้รำอ่อนและ/หรือใบผักตบชวาแห้งร่วมกับฟางหมักยูเรียเลี้ยงโคพื้นเมืองหลังหย่านม.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กังวาน ธรรมแสง. (2531). แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานและโปรตีนในกระบือรุ่น (*Bubalus bubalis*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉลอง วชิราภากร. (2541). **โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐพล เพ็งบุญโสม, สุรศักดิ์ คชภักดี, วสันต์ ใหญ่คำมา และ สุวรรณี คำมี. (2546). ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นต่ออัตราการเจริญเติบโตและลักษณะซากของแพะพื้นเมืองไทยและลูกผสมพื้นเมือง-แองโกลนูเบียน เพศผู้ที่ทะเล็มในแปลงหญ้า. **การประชุมวิชาการทางสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตว์แพทย์ ครั้งที่ 4** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐพล เพ็งบุญโสม, สุรศักดิ์ คชภักดี, วันวิศาข์ งามผ่องใส และ ทวีศักดิ์ นิยมบัณฑิต. (2549). ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นและยีโนไทป์ที่มีต่อลักษณะและองค์ประกอบของซากแพะเพศผู้ที่ได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารหยาบ. **ว. สงขลานครินทร์**.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541). **ชีวเคมีทางสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิตุนาถ หนูเสน. (2547). การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พนอม ศรีวัฒนสมบัติ. (2526). ผลของการเสริมใบกระถินและ-หรือใบผักตบชวาป่น ร่วมกับฟางหมักยูเรียในสูตรอาหารกระบือปลักต่อการย่อยได้และความสมดุลของไนโตรเจน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พวน ทัศพงษ์, (2543). การศึกษาความต้องการพลังงานและโปรตีนในโคนมสาวลูกผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พรพรรณ แสนภูมิ. (2546). ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวหรือฟางข้าวหมักยูเรียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะซาก และการยอมรับของผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะ.วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพบูลย์ ใจเด็ด. (2532). ผลของการใช้ฟางหมักยูเรียและ/หรืออาหารเสริมที่มีต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการทำงานของกระบือใช้งาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ภัทยา ภาคมฤค. (2547). ผลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปโดยใช้ซังข้าวโพดร่วมกับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ ต่อกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. กรุงเทพฯ:หจก.ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. 234 น.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. (2538). **อาหารและการให้อาหารแพะ**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

วันทนีย์ พลวิเศษ. (2545). ผลของระดับโปรตีนและชนิดของอาหารหยาบต่อปริมาณการกินได้, ความสามารถในการย่อยได้และอัตราการเจริญเติบโตในกวางซิก้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศิวพร วรอนุ. (2543). การศึกษาเปรียบเทียบระดับของอาหารหยาบและอาหารข้นที่มีผลต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักกระบวนการหมักผลผลิตสุดท้าย และปริมาณการกินได้ในโคและกระบือปลักที่เลี้ยงด้วยฟางหมักยูเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุรศักดิ์ จิตตะโคตร์. (2542). ผลของการใช้แคสซาเรียทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองต่อปริมาณการกินได้, เมทธาโบไลซ์ในกระแสเลือด, กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก, การย่อยได้และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในโคนมที่ได้รับฟางหมักยูเรียเป็นอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนันท์ เชาว์เครือ, กฤตพล สมมาตย์, สากล กาญจนจิต, สนั่น เหลียงไพบูลย์ และ อารียา ทองประยู. (2545). ชีววิทยาของเนื้อทราย *(Cervus porcinus)* ผลของระดับโปรตีนหยาบในอาหารข้นต่อปริมาณการกินได้ อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ค่าโลหิตวิทยา ค่าชีวเคมีในเลือดและประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก. การสัมมนาวิชาการเกษตร ประจำปี 2545. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

อรอนงค์ พวงชมภู. (2543). ผลของการเสริมสารละลายแป้ง-ยูเรีย (แคสซาโคร) ในกระเพาะหมักของกระบือปลักที่ได้รับฟางหมักยูเรีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Amos, H. E. (1986). Influence of dietary protein degradability and energy concentration on growth of heifers and streers and intraruminal protein metabolism. **J. Dairy Sci**. 69: 2099-2110.

A.O.A.C. (1990). **Official Methods of Analysis**.14th ed.Washington, D.C. The Association of Official Analytical Chemists. p.1298.

Boniface, A.N., R.M. Murry and P.J. Hogan. (1986). Optimum level of ammonia in the rumen liquor of cattle fed tropical pasture hay. Proc. Aust. Soc. **Anim. Prod**. 16: 151-154.

Bromner, J.M. and D.R. Keeney. (1965). Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. Anal. **Chem. Acta**. 32: 485-495.

Devendra, C. and M. Burns. (1983). **Goat Production in Tropics**. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest. (1970). **Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)**. Agric. Handbook No. 379. Washington, D.C. ARS, USDA.

Hadjipanayiotou, M. (1995). Effect of feeding heat treated soybean meal on the performance of lactating Damascus goats. **Small Ruminant Res**. 18: 105.

Helmut, J.R. and Y.S. Lapointe. (1959). A simple method for the determination of blood urea nitrogen, with special refernce to automatic Colorimetric Anlysis. **Clinical Chemistry**. 5: 617-620.

Herrera-Saldana R., R.Gomez-Alarcon, M.Torabi and J.T. Huber. (1991). Influence of synchronizing protein and starch degration in the rumen on nutrient utillzation and protein synthesis. **J. Dairy Sci**. 73: 142-153.

Kearl, C.L. (1982). **Nutrient Requirement of Ruminants in Developing Countries**. International Feedstuffs Institute. UTAH Agricultural Experiment Station. Utah State University.USA.

Koenig, K.M., K.A. Beuchemin and L.M. Rode. (2003). Effect of grain processing and silage on microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based diets. **J. Anim. Sci**. 81: 1057-1067.

Kuprasert, S., S. Kochapakdee, S. Saithanoo, A. Lawpetchara and S.Choldumrongkul. (2000). Post-weaning growth of Thai native x Anglo-Nubian goats fed concentrate supplementation with varied level of energy and protein. **The 1st Southern Animal Science Conference, 17-18 August 2000, Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources**, Prince of Songkla University.

Ludden, P.A., T.L. Wecter and B.W. Hess. 2002. Effects of oscillating dietary protein on ruminal fermentation and site and extent of nutrient digestion in sheep. J. Anim. Sci. 80:3336.

Mansfield, H.R., M.I. Endres and M.D. Stern. (1994). Influence of non-fibrous carbohydrate and digestible intake protein on fermentation by ruminal microorganisms in continuous culture. **J. Anim. Sci**. 72: 2464-2474.

National Research Council. (1981). **Nutrient Requirement of Goat National** Academy Press Washington DC, U.S.A.

SAS. (1998). **SAS User's Guide: Statistics**. Version 6. 14th ed Cary, NC: SAS Inst.

Satter, L.D. and L.L. Slyter. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **Brit. J. Nutr**. 32: 199-208.

Steel, R.G. and J.H. Torrie. (1980). **Principles and Procedures of Statistics**. New York.

Van Soest, P.J. (1982). **Nutritional Ecology of the Ruminant**. O & B Book, Inc. Corvallis, Oregon, U.S.A.

Wanapat, M. (1985). Efficient animal production for Asian welfare. In: **Proc. the 3 rd AAAP Animal Science Congress**, May 6-10. Seoul. Korea.

Wanapat, M. and O. Pimpa. (1999). Effect of ruminal NH3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 12: 904-907.

บทที่ 4
การป้องกันการย่อยได้ของกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco* และ *in vitro*

4.1 บทนำ

กากปาล์มเป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม จัดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทแหล่งอาหารโปรตีนทีมีความสำคัญในการเลี้ยงสัตว์ โปรตีนแบ่งออกเป็น true protein และ non-protein nitrogen จำแนกโปรตีนออกเป็นโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein, RUP) การที่จะทราบค่า RDP และ RUP จะต้องทราบค่าการย่อยสลายของโปรตีน (protein degradability, *dg*) ของอาหารสัตว์เสียก่อน การปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบโดยกรรมวิธีการอบด้วยความร้อนจะเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนของพืชอาหารสัตว์ (เมธา วรรณพัฒน์ , 2533) รายงานการทดลองของ Rengsirikul and Sae Nai (1991) กากปาล์มเนื้อใน (กระเทาะเปลือกหรือกะลาออกก่อนแล้ว) มีโปรตีนสูงกว่า คือประมาณ 13-15% มีโภชนะย่อยได้ประมาณ 76% ของได้ทำการทดลองใช้กากปาล์มทั้งผลซึ่งมีโปรตีน 7.91% ในระดับ 0, 15, 30 และ 45% ในสูตรอาหารเลี้ยงแพะหลังย่านม ร่วมกับการใช้ฟางข้าวหมักยูเรีย ผลปรากฏว่าเมื่อใช้กากปาล์มทั้งผลในระดับสูงขึ้นถึง 45% จะทำให้แพะมีการเจริญเติบโตลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ วัตถุประสงค์ในการทดลองในครั้งนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบวิธีการป้องกันโปรตีนของ กากปาล์ม ไม่ให้ถูกย่อยสลาย โดยวิธีการอบด้วยความร้อนนาน 60 นาที อุณหภูมิ 60 และ100˚C

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการป้องกันการย่อยได้ของกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco* และ *in vitro*

4.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

4.3.1. การป้องกันการย่อยได้ของโปรตีนโดยการอบด้วยความร้อนกากปาล์ม ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco*

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้โคนมพันธุ์ Holstein-Friesian จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 350±10 กก. โคนมเจาะกระเพาะ สมบูรณ์ผ่านการฉีดวัคซีนป้องกันโรคระบาดที่สำคัญ ผ่านการถ่ายพยาธิภายนอกและภายใน

การทดลอง

การทดลองที่ 2 จัดการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD)

การจัดกลุ่มทดลองของวัตถุดิบ (กากปาล์ม) แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลอง

กลุ่มควบคุม (กากปาล์มไม่อบ)

กลุ่มที่ 2 กากปาล์มอบ 60˚C นาน 60 นาที

กลุ่มที่ 3 กากปาล์มอบ 100˚C นาน 60 นาที

การจัดการสัตว์ทดลอง

โคทุกตัวถูกขังแยกคอกเดี่ยว มีรางอาหารและภาชนะสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ทำการปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยวและอาหารนาน 14 วัน จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลอง แล้วให้อาหารตามกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

ทำการบดตัวอย่าง (กากปาล์มที่ไม่ได้อบ กากปาล์ม อบที่อุณหภูมิ 60 และ 100˚C เป็นเวลา 60 นาที) บดด้วยเครื่องบดอาหารผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

การเตรียมถุงใส่ตัวอย่างและบ่มหมักในกระเพาะหมัก

ใช้ถุงไนล่อนจำนวน 36 ถุง ต่อโค 1 ตัว โดยใช้ถุงไนล่อนขนาด 6x12 cm มีขนาดรู 47 μm ทำการอบแห้งถุงไนล่อน ทำการชั่งน้ำหนักถุงและตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ลงในถุง จดบันทึก เมื่อชั่งเสร็จแล้วมัดปากถุงด้วยยางให้เรียบร้อย โดยใช้เทคนิควิธีผูกแบบมาตรฐานรวมถุงให้เป็นพวง ส่วนวิเคราะห์ที่เวลา 0 ชั่วโมง นำถุงล้างน้ำ เพื่อวิเคราะห์ประมาณค่าความสามารถในการย่อยสลาย

ของอาหาร การนำอาหารเข้าบ่มก่อนให้อาหารเช้า ในระหว่างการนำถุงไนล่อนเข้าบ่มในรูเมน ตำแหน่งถุงอยู่ในชั้นที่เป็นของเหลว (liquid)

ระยะเวลาการบ่ม (incubation time)

นำถุงใส่ไนล่อนที่เตรียมไว้ใส่เข้าไปในกระเพาะหมัก การบ่มหมักในกระเพาะหมักใช้เวลานาน 48 ชั่วโมง การนำถุงออกจากการบ่มที่เวลา 0, 2, 4, 6, 12, 16, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยจะนำถุงออกเมื่อครบเวลาในแต่ละช่วง หลังจากที่นำถุงออกจากกระเพาะหมักแล้วนำไปล้างเอาเศษอาหารที่ติดมากับถุงออกให้หมดล้างถุงให้สะอาด (จนกระทั่งน้ำมีลักษณะใส) นำถุงไปอบในตู้อบ (incubator) โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 ˚C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักรวมของอาหารที่เหลือและถุงไนล่อน นำตัวอย่างไปหาค่าการย่อยสลายของโปรตีน (AOAC, 1990)

การคำนวณ

การคำนวณความสามารถในการย่อยสลาย (degradability) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์หาโปรตีน จากการคำนวณปริมาณน้ำหนักหรือโภชนะที่สูญหาย (degradability หรือ loss) จากสมการ

Degradability, % = 100 – (ปริมาณโภชนะที่เหลือในถุงหลังบ่ม)/ (ปริมาณโภชนะทั้งหมดก่อนบ่ม)

ตัวอย่างเช่น

DM loss, % = 100 – ((residual DM in bag) x100/ (Original DM in bag t_{Ohr}))

CP loss, % = 100 - ((residual CP in bag) x100/ (Original CP in bag t_{Ohr}))

การคำนวณจลศาสตร์การย่อยสลาย (kinetic of degradation)

เมื่อได้ค่าความสามารถในย่อยสลายแล้วก็สามารถนำผลไปแปลความหมายหรืออธิบายผลที่ได้จากการศึกษาโดยเทคนิคใช้ถุงไนล่อนต่อไปได้จากสมการของ Ørskov and McDonald (1979)

$$p = a + b\,(1-e^{-ct})$$

โดย p = ปริมาณที่ถูกย่อยสลาย ณ ที่เวลา t

a = ปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำ

b = ปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา

c = อัตราการย่อยสลาย

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้ว สามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (rumen Degradable Protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (undegradable protein, UDP) เพื่อนำไปใช้คำนวณความต้องการโปรตีนต่อไป

4.3.2. ศึกษาการย่อยได้ของกากปาล์มในลำไส้เล็กโดยใช้เทคนิค *in vitro*

Three-step technique ตามวิธีของ Calsamiglia and Stern (1995)

Step1 บ่มในกระเพาะหมัก 16 ชั่วโมง (เตรียมพร้อมกับการวัดการย่อยได้โดยวิธี nylon bag technique ในชั่วโมงที่ 16)

Step 2 ชั่งอาหารที่ผ่านการบ่มจากกระเพาะหมัก 0.4 กรัม (บันทึกน้ำหนักจริง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) จากนั้นใส่อาหารดังกล่าวลงในหลอด (50 ml ที่สามารถ centrifuge ได้) แล้วเติมสารละลายเอ็นไซม์ pepsin 10 ml ปรับ pH เป็น 1.9 (ใช้ 1 N NaOH หรือ 0.1 N HCl) การเตรียมสารละลาย pepsin คือ เตรียมสารละลาย 0.1 N HCl และชั่ง pepsin 1 g ผสมกับ 1 ลิตรของ 0.1 N HCl ทำการเขย่าโดยใช้เครื่องเขย่า (vortexed) จากนั้นใส่ใน shaker waterbath ปรับอุณหภูมิที่ 38˚C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

Step 3 นำออกจาก ตัวอย่าง water bath แล้ว เติมสารละลายเอ็นไซม์ pancreatin วิธีเตรียมสารละลายคือ ชั่ง pancreatin 3 g ละลายในน้ำ 1 ลิตร เตรียม buffer: 1 N NaOH และ 0.1 N HCl เตรียม 50 ppm ของ thymol (0.05 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร) และชั่งสาร trichloroacetic acid (TCA) 50 g ในน้ำกลั่น 100 ml (อาจจะใช้ความร้อนช่วย) จากนั้นเติมสารละลาย pancreatin (AA) 15 ml (AA) สารละลาย pancreatin สำหรับ 1 ตัวอย่าง ได้แก่ ผสม 0.1 N NaOH 0.5 ml เติม 13.5 ml ของสารละลาย pancreatin เติมสารละลาย thymol 1 ml แล้วปรับ pH เป็น 7.8 (ใช้ 1 N NaOH หรือ 0.1 N HCl) แล้วเขย่าด้วย vortex จากนั้นใส่ใน shaker water bath 38˚C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำออกเขย่าทุกๆ ประมาณ 8 ชั่วโมงเมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการเติมสารละลาย TCA 3 ml แล้วเขย่าจากนั้น Centrifuge ที่ 10,000x g เป็นเวลา 15 นาที และดูดเอาส่วนที่เป็นของเหลวใส 5 ml สำหรับวิเคราะห์โปรตีน วิเคราะห์โปรตีนโปรตีน (crude protein, CP) ตามวิธีการของ AOAC (1990)

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ Proc. GLM (SAS, 1998)

4.5 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่เดือน กันยายน 2548 ถึง ธันวาคม 2549

4.6 ผลการทดลอง

4.6.1. การศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม

จากการศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม จากตารางที่ 4.1 พบว่า กากปาล์มมีวัตถุแห้ง 93.5%, อินทรียวัตถุ 98.4%, โปรตีน 15.2%, NDF 75.8% และ ADF 42.3% กากปาล์มอบที่อุณหภูมิ 60 และ 100˚C เป็นเวลา 60 นาทีพบว่ามีวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF และ ADF ใกล้เคียงกันกับกากปาล์มที่ยังไม่อบ

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์ม

โภชนะ	อาหารทดลอง		
	กลุ่มควบคุม	อบ 60 ˚C	อบ 100 ˚C
วัตถุแห้ง	93.5	93.5	93.5
อินทรียวัตถุ	98.4	98.5	98.5
โปรตีน	18.1	17.8	17.2
NDF	75.8	75.0	74.5
ADF	42.3	42.3	41.2

NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

4.6.2. การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์ม

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.2 พบว่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งของกากปาล์ม กากปาล์มอบ 60 และ100˚C ที่เวลา 12 ชั่วโมง (63.2, 63.2, 58.8) อัตราการย่อยสลายของกากปาล์ม (0.01, 0.09, 0.11) มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ที่เวลา 48 ชั่วโมง กากปาล์ม (79.1) และ กากปาล์มอบ 60 ˚C (71.0) มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง มากกว่า ($p<0.05$) กากปาล์มอบ 100˚C (5.9 และ 75.0) จากนั้นที่เวลา 4, 6 และ 24 ชั่วโมง กากปาล์ม (32.1, 40.7 และ 73.2) มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งมากกว่า ($p<0.05$) กากปาล์มอบ 60 ˚C (29.8, 37.7 และ 68.6) และ100 ˚C (29.5, 37.9 และ 66.8) และที่เวลา 2 ชั่วโมง ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง กากปาล์ม (21.6) มากกว่ากากปาล์มอบ 60 (20.3) และ100˚C (19.0) นอกจากนั้นอัตราการย่อยสลายมีค่าไม่ต่างกัน ($p>0.05$) แต่ปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำ ของกากปาล์มและกากปาล์มอบ 60 ˚C (8.7 และ 8.8) มากกว่า ($p<0.05$) กากปาล์มอบ 100 ˚C (5.9) และปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา และผลรวมของปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำกับปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา พบว่ากากปาล์ม (71.0 และ 79.8) มีค่ามากกว่ากากปาล์มอบ 100

˚C (65.4 และ 71.4) แต่ไม่ต่างกับกากปาล์มอบ 60˚C (67.0 และ 75.9) ค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่ากากปาล์ม (46.0) ไม่อบมีค่ามากกว่ากากปาล์มอบ 60 (34.5) และ 100˚C (39.9)

4.6.3. การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม

ผลการทดลองจากตารางที่ 4.3 หลังการบ่มในกระเพาะหมักที่เวลา 2, 4 และ 48 ชั่วโมง มีค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ของกากปาล์ม (15.4, 23.6 และ 75.0) กากปาล์มอบ 60˚C (15.7, 23.3 และ 21.3) และ 100˚C (14.5, 21.3 และ 73.4) แต่ที่เวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากากปาล์ม (30.7, 46.9 และ 64.4) และ กากปาล์มอบ 60 ˚C (30.0, 45.4 และ 62.6) มีค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักมากกว่ากากปาล์มอบ 100 ˚C (27.3, 41.7 และ 59.3) ค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้ของโปรตีน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) การย่อยสลายโปรตีน ปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำ (6.9, 7.1 และ 5.9) ปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา (72.5, 69.7 และ 71.5) อัตราการย่อยสลาย (0.06, 0.07 และ 0.07) และผลรวมของปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำกับปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา (79.5, 76.9 และ 77.5) ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เช่นเดียวกันกับค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้โปรตีน พบว่ามีค่าเท่ากับ 91.3, 86.7 และ 86.9 ของของกากปาล์ม กากปาล์มอบ 60 และ 100˚C

4.6.4. การย่อยสลายของโปรตีนลำไส้เล็กของกากปาล์ม

จากการทดลอง (ตารางที่ 4.5) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักหลังการบ่มที่เวลา 16 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ60.4, 57.0 และ 55.8% ตามลำดับ การย่อยสลายในกระเพาะหมัก ของกากปาล์ม และ กากปาล์มอบ 60 ˚C มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากกว่ากากปาล์มอบ 100 ˚C ค่าการย่อยสลายของโปรตีนในลำไส้เล็ก เท่ากับ 23.6, 25.3 และ 26.0% ตามลำดับ ซึ่งกากปาล์มที่ผ่านการอบด้วยความร้อนที่ระดับ 100˚C มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายในลำไส้เล็กสูงที่สุด นอกจากนั้นโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก และลำไส้เล็ก มีค่าเท่ากับ 84.0, 82.3 และ 81.8% ซึ่งมีค่าไม่ต่างกัน ส่วนของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก ของกากปาล์มอบ 60 และ 100˚C มีค่ามากกว่ากากปาล์มที่ไม่อบ

ตารางที่ 4.2 การย่อยสลายวัตถุแห้งของกากปาล์มในกระเพาะหมัก

เวลา	กากปาล์ม			SEM	P-value
	กลุ่มควบคุม	อบ 60˚C	อบ 100˚C		
2	21.6[a]	20.3[b]	19.0[c]	0.38	0.01
4	32.1[a]	29.8[b]	29.5[b]	0.48	0.02
6	40.7[a]	37.7[b]	37.9[b]	0.15	0.05
12	41.6	54.0	54.2	5.26	0.60
16	63.2	63.2	58.8	1.09	0.20
24	73.2[a]	68.6[b]	66.8[b]	1.08	0.01
48	79.1[a]	71.0[a]	75.0[b]	1.37	0.02

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.3 การย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์มในกระเพาะหมัก

เวลา	กากปาล์ม			SEM	P-value
	กลุ่มควบคุม	อบ 60˚C	อบ 100˚C		
2	15.4	15.7	14.5	0.37	0.45
4	23.6	23.3	21.3	0.43	0.22
6	30.7[a]	30.0[a]	27.3[b]	0.59	0.01
12	46.9[a]	45.4[a]	41.7[b]	0.88	0.01
24	64.4[a]	62.6[a]	59.3[b]	0.87	0.02
48	75.0	73.9	73.4	1.02	0.84

[a, b] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของกากปาล์ม

Disappearance (%)	กากปาล์ม			SEM	P-value
	กลุ่มควบคุม	อบ 60˚C	อบ 100˚C		
DM disappearance (%)					
a[1/]	8.7[a]	8.8[a]	5.9[b]	0.60	0.05
b[2/]	71.0[a]	67.0[ab]	65.4[b]	1.08	0.07
c[3/]	0.10	0.09	0.11	0.01	0.16
a+b	79.7[a]	75.8[ab]	71.3[b]	1.43	0.02
Effective degradability (%)*	46.0[a]	34.5[b]	39.9[c]	0.06	0.01
CP disappearance (%)					
a	6.9	7.1	5.9	0.58	0.73
b	72.5	69.7	71.5	1.41	0.76
c	0.06	0.07	0.07	0.01	0.35
a+b	79.5	76.9	77.5	1.72	0.85
Effective degradability (%)*	91.3	89.7	86.9	2.90	0.85

*Outflow rate (fraction/h) = 0.05

[a, b] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[1/]a = ปริมาณอาหารที่ละลายในน้ำ, [2/]b = ปริมาณอาหารส่วนที่ไม่ละลายในน้ำ แต่สามารถถูกย่อยสลายได้ในช่วงเวลา, [3/]c = อัตราการย่อยสลาย

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของโปรตีนที่เวลา 16 ชั่วโมง ของกากปาล์ม

	กากปาล์ม			SEM	P-value
	กลุ่มควบคุม	อบ 60˚C	อบ 100˚C		
Rumen[1/]	60.4[a]	57.0[b]	55.8[b]	0.78	0.001
Duodenum+Intestine[2/]	23.6[c]	25.3[b]	26.0[a]	0.31	0.001
Total tract[3/]	84.0	82.3	81.8	0.88	0.181

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

[1/]เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมัก (%RDP) ที่เวลา 16 ชั่วโมง จากตารางที่ 4, [2/]Intestine คำนวณตามภาคผนวก ก., [3/]Total tract = ผลรวมของ Rumen + (Duodenum +Intestine)

4.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

4.7.1. การศึกษาองค์ประกอบของกากปาล์ม

(ตารางที่ 4.1) พบว่า กากปาล์มมีค่าวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ โปรตีน, NDF และ ADF ใกล้เคียงกับ กรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานที่ค่าวัตถุแห้ง, อินทรียวัตถุ โปรตีน และ ADF 92.4, 11.3 และ 42.5% ตามลำดับ แต่ NDF มีค่า 75.80% สูงกว่าที่ กรมปศุสัตว์ (2547) ที่รายงานไว้ที่ 59.8% ส่วนกากปาล์มอบที่อุณหภูมิ 60 และ 100˚C เป็นเวลา 60 นาทีพบว่ามีเปอร์เซ็นต์วัตถุ, อินทรียวัตถุ แห้ง, โปรตีน, NDF และ ADF ใกล้เคียงกันกับกากปาล์มที่ยังไม่อบ ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของกากปาล์มขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดน้ำมัน

4.7.2. การย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนของกากปาล์ม

(ตารางที่ 4.3) หลังการบ่มในกระเพาะหมักที่เวลา 0, 2, 4 และ 48 ชั่วโมง มีค่าการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ที่เวลา 6, 12, 16 และ 24 ชั่วโมง พบว่ากากปาล์ม และกากปาล์มอบ 60 ˚C ดังนั้นปริมาณโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการละลายได้ในกระเพาะหมักของโปรตีนนั้น ๆ ความสามารถในการละลายนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่จะ by-pass จากกระเพาะหมักไปสู่กระเพาะจริงและลำไส้ (เมธา, 2533)

4.7.3. การย่อยสลายของโปรตีนลำไส้เล็กของกากปาล์ม

พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของ การย่อยสลายในกระเพาะหมัก ของกากปาล์ม และ กากปาล์มอบ 60˚C มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากกว่ากากปาล์มอบ 100˚C เนื่องจากว่าปริมาณโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการละลายได้ในกระเพาะหมักของโปรตีนนั้นๆ ความสามารถในการละลายนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณที่จะ by-pass จากกระเพาะหมักไปสู่กระเพาะจริงและลำไส้ดังนั้น การใช้ความร้อนเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้โปรตีน เป็นโปรตีนไหลผ่าน by-pass protein (Faldet et al., 1991) ส่วนค่าการย่อยสลายของโปรตีนในลำไส้เล็กนั้น กากปาล์มที่ผ่านการอบด้วยความร้อนที่ระดับ 100 ˚C มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายในลำไส้เล็กสูงที่สุด เนื่องจากในกระเพาะหมักย่อยได้น้อยเป็นโปรตีนไหลผ่าน เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ได้ของกากปาล์มโดยใช้ความร้อน ซึ่งการเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก จะทำให้เกิดการย่อยและดูดซึมกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กเพิ่มมากขึ้น (Izumi et al., 2000) นอกจากนั้นโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพะหมัก และลำไส้เล็ก มีค่าระหว่าง 84.0-81.8% ซึ่งมีค่าไม่ต่างกัน

4.8 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาวิธีการป้องกันการย่อยได้ของกากปาล์มโดยการอบด้วยความร้อน ศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะหมักโดยใช้เทคนิค *in sacco* และ *in vitro* สรุปว่า ค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง พบว่ากากปาล์มไม่อบมีค่ามากกว่ากากปาล์มอบ 60 และ 100˚C แต่ค่าประสิทธิภาพในการย่อยได้โปรตีน ไม่มีความแตกต่างกันของทุกกลุ่มการทดลอง ส่วนการย่อยสลายในกระเพาะหมัก ของกากปาล์ม และ กากปาล์มอบ 60˚C มีค่าการย่อยสลายโปรตีนมากกว่ากากปาล์มอบ 100˚C เมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม ดังนั้นคัดเลือกกากปาล์มอบ 100 ˚C นาน 60 นาที เป็นหลักสำหรับแหล่งของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมักเนื่องจากผลของการป้องกันการย่อยสลายของโปรตีน โดยการใช้ความร้อนที่ทำให้มีองค์ประกอบโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักสูงขึ้นในกากปาล์มอบ 100 ˚C มีค่า %RUP มากกว่ากากปาล์มไม่อบและใกล้เคียงกับ กากปาล์มอบ 60 ˚C โดยพบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำการอบวัตถุดิบโปรตีน จะทำให้มีค่า %RUP สูงขึ้น เมื่อทดสอบการย่อยสลายในลำไส้เล็กกากปาล์มที่ผ่านการอบ 100˚C มีสูงที่สุด

4.9 รายการอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. (2547). **ตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด : กรุงเทพฯ. 37 หน้า.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. กรุงเทพฯ:หจก.ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. 234 น.

AOAC. (1990). **Official Method of Analysis**. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A. p.1298.

Calsamiglia, S and D.Stern. (1995). A Three-Step *In Vitro* Procedure for Estimating Intestinal Digestion of Protein in Ruminants. **J. Anim. Sci**. 73: 1459-1465.

Faldet, M.A. and L.D. Satter. (1991). Feeding heat-treated full fat soybeans to dairy cow in early lactation. **J. Dairy sci**. 74: 3047-3054.

Izumi, K., C. Kikuchi and M. Okamoto. (2000). Effect of rumen protected methionine on lactation performance of dairy cows. Asian Australasian. **J. Anim. Sci**. 13: 1235-1238.

National Research Council. (1988). **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6th Rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

ørskov, E.R. and I. McDonald. (1979). The estimation of protein degrability in the rumen from incubation measurements weight accordind to rate of passage. **J. Agri. Sci**. (Camb) 92: 499.

Rengsirkul, B. and P. Sae Nai. (1991). The use of plam oil meal with urea-treated rice straw in post-weaning goat ration. **Proceeding of an International Seminar Held in Hat Yai, Thailland, 28–31 May 1991**. 154-157.

SAS. (1998). **SAS User's Guide: Statistics**. Version 6. 14th ed Cary, NC: SAS Inst

Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. (1980). **Principles and Procedures of Statistics**. 2 nd. ED. McGraw- Hill Book Co., New York, N.Y.

บทที่ 5
ผลของระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักต่อความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะหมัก, ปริมาณการกินได้ และการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

5.1 คำนำ

แพะเป็นสัตว์ที่เลี้ยงง่าย มีขนาดไม่ใหญ่เกินไปจึงสามารถขนส่งได้สะดวก (ประเวศ แสงเพชร, 2536) จึงเหมาะสมที่จะนำมาเลี้ยงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากแพะสามารถดำรงอยู่ได้ในสภาพอากาศที่ร้อนและแห้งแล้ง และมีผลพลอยได้ทางการเกษตรเช่น ฟางข้าว ซึ่งมีอยู่ทั่วไปเป็นแหล่งอาหารหยาบในช่วงหน้าแล้ง การใช้ฟางข้าวในการเลี้ยงสัตว์ควรทำการเพิ่มคุณค่าโดยการหมักด้วยยูเรียก่อน ซึ่งสามารถเพิ่มการกินได้ การย่อยได้ และการให้ผลผลิต (Wanapat et al., 2000) อาหารโปรตีนมีความสำคัญสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากอาหารโปรตีนเป็นโภชนะที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ, การสืบพันธุ์, การเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิต อาหารโปรตีนเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องกินเข้าไปในรูเมนแล้ว อาหารโปรตีนคุณภาพสูงถูกย่อยสลายในรูเมนสูงนอกจากนี้การย่อยสลายของโปรตีนคุณภาพสูงในกระเพาะหมักอาจทำให้คุณค่าการใช้ประโยชน์ (bioavailability) ของโปรตีนลดลง เมธา วรรณพัฒน์ (2533) จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อหาวิธีลดอัตราการย่อยสลายของโปรตีน โดยทั้งวิธีการเลือกแหล่งวัตถุดิบโปรตีนที่มีการละลาย (solubility) และการย่อยสลาย (degradation) ได้น้อยในกระเพาะรูเมน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นและสำคัญในการศึกษาทำการวิจัยเกี่ยวกับการป้องกันการย่อยสลายของวัตถุดิบอาหารโปรตีนเป็นการนำมาประยุกต์ใช้กับกากปาล์มเพื่อเพิ่มระดับการป้องกันการย่อยสลาย เนื่องจากการวิจัยทางด้านอาหารแพะยังมีอยู่อย่างจำกัดในประเทศไทย

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักต่อความสามารถในการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน ปริมาณการกินได้, กระบวนการหมักในกระเพาะหมักและการเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ

5.3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ใช้แพะเนื้อพันธุ์ลูกผสมพื้นเมืองและแองโกลนูเบียนที่ระดับ 50-75% เพศผู้ อายุเริ่มต้น 7-8 เดือน จำนวน 24 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 17±3.0 กิโลกรัม

การทดลอง

จัดการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการจัดกลุ่ม แบ่งแพะออกเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว

แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กลุ่มตาม Treatment

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้รับอาหารสูตร 0% ruminally undegradable protein (RUP) ของโปรตีนทั้งหมด

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารสูตร 10%RUP

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารสูตร 20%RUP

กลุ่มที่ 4 ได้รับอาหารสูตร 30%RUP

การจัดการสัตว์ทดลอง

แพะทุกตัวถูกขังแยกคอกเดี่ยว มีรางอาหารและถังใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ทำการปรับสัตว์ให้คุ้นเคยกับสภาพคอกขังเดี่ยวและอาหารนาน 14 วัน ทำการถ่ายพยาธิภายนอก ยาถ่ายพยาธิภายนอกด้วยยาไอโวเม็กซ์ (ivomex) อัตราการใช้ยา 1 ml ต่อน้ำหนักสัตว์ 50 กิโลกรัม และทำเครื่องหมายหน้าคอกแพะทุกตัว จัดสัตว์เข้าทดลองตามแผนการทดลอง แล้วให้อาหารตามกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้ ปรับระดับของปริมาณอาหารทุก 1 เดือน โดยมีการบันทึกข้อมูล ตลอดระยะการทดลอง 90 วัน

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

การให้อาหารข้นตามสูตรแก่สัตว์ทดลองดังตารางที่ 5.1 โดยมีอาหาร 4 สูตร โดยแยกเป็นอาหารข้น และอาหารหยาบโดยแพะทุกตัวจะได้รับฟางข้าวหมักยูเรีย (5%) เป็นแหล่งของอาหารหยาบให้แบบเต็มที่ ให้อาหารในช่วงเช้า 9.00 น. และ 16.30 น. ของทุกวัน โดยอาหารข้นในแต่ละกลุ่มการทดลองจะให้ปริมาณ 1.0% ของน้ำหนักตัว

ตารางที่ 5.1 แสดงชนิดและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ (น้ำหนักแห้ง)	อาหารทดลอง (%RUP)			
	0	**10**	**20**	**30**
กากปาล์มอบ 100ºC	0.0	3.2	6.4	9.5
ยูเรีย	3.9	3.8	3.8	3.6
กากมันสำปะหลัง	86.0	82.0	79.8	75.9
กากน้ำตาล	9.1	10.0	9.0	10.0
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0

RUP= ruminally undegradable protein

5.4 การเก็บข้อมูล

ปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง, การชั่งน้ำหนักตัว, การสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid), การเก็บตัวอย่างเลือดวิเคราะห์ ยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) วิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 บทที่ 3

การเก็บมูล

ก่อนสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์สุดท้ายได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลโดยทำการเก็บในช่วงเช้าหลังทำความสะอาดคอกเวลา 11.00 น. และ 13.00 น. ติดต่อกันเป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาเก็บรักษาไว้ที่ -16ºC เมื่อวันสิ้นสุดการทดลองนำมูลที่เก็บมาได้ผสมกัน ทำการสุ่มอีกครั้งนำไปอบที่ 60ºC เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในมูลเช่นเดียวกันกับอาหารทดลองได้แก่ วัตถุแห้ง, เถ้า และโปรตีน ตามวิธีการของ AOAC (1990) วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีเยื่อใย ได้แก่ NDF และ ADF ตามวิธีการของ Goering and Van Soest (1970) วิเคราะห์หาเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash, AIA) ตามวิธีการของ Van Keulen and Young (1977) เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอาหารตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975)

5.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่สุ่มเก็บได้จากการทดลองได้แก่ ปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะ สภาพความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมัก ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน และปริมาณกรดไขมันระเหยได้ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองถูกนำเข้าประมวลผลและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ตามแผนการทดลอง แบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้ Proc. GLM (SAS, 1998) และใช้วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ตามวิธีการของ Steel and Torrie (1980)

5.6 สถานที่ทำการทดลองและระยะเวลาในการทำการทดลอง

ฟาร์มมหาวิทยาลัย อาคารศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ใช้ระยะเวลาในการทดลองตั้งแต่ กันยายน 2548 ถึง ธันวาคม 2549

5.7 ผลการทดลอง

5.7.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร

องค์ประกอบทางเคมีของสูตรข้นโดยการคำนวณมีโปรตีน 14% ร่วมกับฟางหมักยูเรีย (5%) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.2 จากการวิเคราะห์ พบว่าส่วนประกอบทางโภชนะของ ฟางหมักยูเรีย (5%) มีค่าวัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF, ADF มีค่าเท่ากับ 66.4, 8.0, 7.1, 75.4 และ 52.8% กลุ่มอาหารข้น 4 สูตรมีโปรตีนอยู่ระหว่าง 14.1-14.5% วัตถุแห้งอาหารข้นสูตรที่ 20 และ 30 %RUP มีค่าใกล้เคียงกัน (90.3 และ 90.2%) มากกว่าอาหารข้นสูตรควบคุมและ 10 %RUP (85.3 และ 89.7%) ส่วนค่า NDF และ ADF มีค่าใกล้เคียงกัน (50.9, 43.0, 40.7 และ 47.2%) และ (31.6, 34.8, 30.3 และ 40.6%) ของสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและฟางหมักยูเรีย

โภชนะ	ฟางข้าว[1/]	สูตรอาหารทดลอง (%RUP)			
		0	**10**	**20**	**30**
วัตถุแห้ง	66.1	85.3	89.7	90.3	90.2
เถ้า	7.1	5.1	5.1	5.6	5.0
โปรตีน	8.0	14.1	14.1	14.4	14.5
NDF	75.6	50.9	43.0	40.7	47.2
ADF	52.8	31.6	34.8	30.3	40.6

[1/] ฟางข้าวหมักยูเรีย 5% เป็นเวลา 10 วัน

RUP = ruminally undegradable protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

5.7.2 ปริมาณการกินได้ของแพะ

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.3 พบว่าแพะที่ได้รับอาหารสูตร 0, 10, 20 และ 30% RUP มีปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบ 305, 283, 282 และ 347 กรัม/ตัว/วัน ปริมาณการกินได้อาหารข้น 188, 182, 204 และ 199 กรัม/ตัว/วัน และปริมาณการกินได้รวม 493, 463, 486 และ 546 กรัม/ตัว/วัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวของอาหารหยาบและอาหารข้น การกินได้รวมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การตอบสนองในด้านปริมาณการกินได้รวม, อาหารหยาบ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว และกิโลกรัมเมแทบอลิกต่อ การเพิ่มระดับของโปรตีนไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสองอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะมีค่าเท่ากับ 100, 92, 117 และ 133 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ตารางที่ 5.3 แสดงปริมาณการกินได้น้ำหนักแห้งของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

	สูตรอาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
	0	10	20	30			L	Q
ปริมาณการกินได้ของอาหารข้น								
กรัม/วัน	188	182	204	199	12.12	0.58	0.34	0.94
%BW[1/]	1.1	1.1	1.2	1.1	0.04	0.69	0.63	0.72
g/kg $BW^{0.75}$ [2/]	22.7	21.9	23.6	23.2	0.85	0.54	0.44	0.79
ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ								
กรัม/วัน	305	283	282	347	23.96	0.23	0.26	0.09
%BW	1.8	1.7	1.6	2.0	0.12	0.14	0.53	0.03
g/kg $BW^{0.75}$	37.1	33.8	32.6	40.5	2.44	0.14	0.41	0.03
ปริมาณการกินได้รวม/วัน								
กรัม/วัน	493	463	486	546	30.66	0.31	0.22	0.17
%BW	3.0	2.8	2.7	3.1	0.12	0.13	0.43	0.02
g/kg $BW^{0.75}$	59.8	55.7	56.2	63.6	2.47	0.13	0.27	0.03
การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว								
กรัม/วัน	100	92	117	133	33.67	0.82	0.47	0.75

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

[1/]%BW = เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว, [2/]g/kg$BW^{0.75}$ = กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว$^{0.75}$

5.7.3 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.4 ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF และ ADF ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของแพะทุกกลุ่มการทดลอง แต่ปริมาณการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พบว่า แพะกลุ่มควบคุม, 10 และ 20%RUP มีค่ามากกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 30%RUP การย่อยได้ของอินทรียวัตถุลดลงตามระดับ RUP ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 5.4 แสดงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

องค์ประกอบทางเคมี	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
	0	10	20	30			L	Q
วัตถุแห้ง	63.2	66.7	62.6	65.1	1.77	0.37	0.81	0.77
อินทรียวัตถุ	61.9[a]	61.0[a]	61.5[a]	59.1[b]	0.62	0.03	0.01	0.20
โปรตีน	50.3	46.1	46.1	42.4	3.48	0.48	0.10	0.93
NDF	56.4	59.5	60.8	54.4	3.39	0.55	0.75	0.16
ADF	53.9	52.9	55.0	53.2	1.52	0.78	0.99	0.82

[a, b] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber

5.7.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.5 ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่มควบคุม มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม 10%RUP ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารแพะ ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6.4, 6.2, 6.2 และ 6.1 ตามลำดับ พบว่าแพะกลุ่มควบคุม มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

5.7.5 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.6 ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่ม 10 และ 20 % RUP ค่าความเข้มข้น NH_3-N ของของเหลวจากกระเพาะหมักที่สูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่มควบคุม และ 30%RUP ส่วนที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ NH_3-N ของของเหลวจากกระเพาะหมัก มีค่าเท่ากับ 4.6, 4.9, 4.3 และ 3.2 mg% ของแพะที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม 10, 20 และ 30% RUP ตามลำดับ

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

pH	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
	0	10	20	30			L	Q
เวลา (ชั่วโมง)								
0	6.6[a]	6.3[ab]	6.2[b]	6.2[b]	0.06	0.04	0.94	0.72
3	6.4	6.1	6.2	6.0	0.13	0.29	0.07	0.84
6	6.3	6.3	6.2	6.2	0.08	0.66	0.32	0.63
ค่าเฉลี่ย	6.4[a]	6.2[b]	6.2[b]	6.1[b]	0.06	0.05	0.06	1.00

[a, b] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

ตารางที่ 5.6 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

NH_3-N[1/] (mg%)	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
	0	10	20	30			L	Q
เวลา (ชั่วโมง)								
0	2.9[b]	5.8[a]	4.8[a]	3.2[b]	0.27	0.01	0.08	0.12
3	5.3	5.0	5.1	3.8	0.73	0.45	0.15	0.49
6	5.6	3.8	3.1	2.7	1.04	0.24	0.05	0.48
ค่าเฉลี่ย	4.6	4.9	4.3	3.2	0.44	0.33	0.14	0.30

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

[1/] NH_3-N=แอมโมเนีย-ไนโตรเจน

5.7.6 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ผลการทดลองจากตารางที่ 5.7 พบว่า ก่อนให้อาหาร หลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 9.8, 9.3, 9.1 และ 10.4 mg% ของแพะที่ได้รับอาหาร 0,

10, 20 และ 30%RUP ตามลำดับ ความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่เวลา 3 ชั่วโมง มีค่าลดลงตามระดับ RUP ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 5.7 ค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจน ในกระแสเลือดของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP) แตกต่างกัน

BUN[1/]	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
(mg%)	0	10	20	30			L	Q
เวลา (ชั่วโมง)								
0	7.9	6.0	5.1	7.0	1.15	0.38	0.48	0.09
3	8.9	11.5	11.8	14.0	1.27	0.08	0.07	0.84
6	12.5	10.3	10.4	10.3	0.96	0.60	0.26	0.41
ค่าเฉลี่ย	9.8	9.3	9.1	10.4	1.80	0.92	0.83	0.63

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

[1/] BUN = blood urea nitrogen

5.7.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ของของเหลวจากกระเพาะหมัก

ผลการทดลองกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 5.8 ก่อนการให้อาหารพบว่า แพะกลุ่ม 10%RUP มีค่าสูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 20 และ 30%RUP อย่างแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร พบว่ามีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม

ปริมาณของกรดอะซิติค (acetic acid, C_2) ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่มควบคุม, 10 และ 30%RUP มีค่ามากกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 20%RUP ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่ม 30%RUP มีค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค สูงกว่า แพะกลุ่มควบคุม และ 20%RUP แต่ไม่แตกต่างกับแพะกลุ่ม 20%RUP ค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหาร เพิ่มขึ้นตามระดับของ RUP ที่เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ของแพะกลุ่มควบคุม มีค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค สูงกว่า 10 และ 20%RUP แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม 30%RUP การเพิ่มระดับของ RUP ส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของกรดอะซิติค ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของกรดอะซิติค พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (57.1, 59.5, 47.2 และ 56.8 m mol/100 ml)

ตารางที่ 5.8 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้รวม ของของเหลวจากกระเพาะรูเมน ของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

TVFA[1]	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	Pr>F	Contrast*	
(m mol/l)	0	10	20	30			L	Q
เวลา (ชั่วโมง)								
0	56.3[ab]	71.7[a]	39.4[b]	51.7[b]	3.80	0.04	0.12	0.81
3	51.2	56.8	49.9	63.2	3.09	0.53	0.31	0.54
6	63.7	50.1	52.2	55.6	3.44	0.06	0.13	0.10
ค่าเฉลี่ย	57.1	59.5	47.2	56.8	3.55	0.44	0.72	0.63

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

[1]TVFA = total volatile fatty acid

ปริมาณ กรดโพรพิโอนิก (propionic acid, C_3) ก่อนให้อาหาร พบว่า แพะกลุ่ม 20%RUP มีปริมาณ กรดโพรพิโอนิก สูงที่สุดเมื่อเทียบกับทุกกลุ่ม หลังให้อาหาร 3 และ 6 ชั่วโมง พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของโพรพิโอนิก ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารเพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นกรดโพรพิโอนิก มีค่าเท่ากับ 21.1, 22.7, 24.2 และ 21.3 m mol/100 ml ของแพะกลุ่มควบคุม 10, 20 และ 30%RUP ตามลำดับ

ปริมาณ กรดบิวทีริค (butyric acid, C_4) ก่อนให้อาหาร พบว่า กลุ่มทดลองได้รับ 20% RUP มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) ค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริค ก่อนให้อาหาร เพิ่มขึ้นแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) ที่เวลา 3 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร แพะกลุ่มควบคุม, 10 และ 20%RUP มีค่ามากกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 30%RUP การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริค ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ลดลงแบบเส้นตรงและเส้นโค้งกำลังสองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริค ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ลดลงแบบเส้นตรงและเส้นโค้งกำลังสองอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร และค่าเฉลี่ยพบว่า มีค่าความเข้มข้นกรดบิวทีริค พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 20.4, 21.3, 23.7 และ 19.3 mol/100 ml

สัดส่วนของ กรดอะซิติคต่อกรดโพพิออนิค (propionic acid:acetic acid, C_2:C_3) ก่อนให้อาหารและ ที่เวลา 3 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่า มีค่าไม่มีค่าแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ที่เวลา 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่มควบคุม มีค่าสัดส่วนของ กรดอะซิติค ต่อกรด

โพพิออนิคสูงกว่า ($p<0.05$) แพะกลุ่ม 10 และ 20%RUP แต่ไม่แตกต่างกับ แพะกลุ่ม 30% RUP การเพิ่มระดับของ RUP มีผลต่อค่าความเข้มข้นของกรดบิวทีริค ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนของกรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิกมี ค่าเท่ากับ 2.9, 2.6, 2.2 และ2.9 mol/100 ml ตามลำดับ

ตารางที่ 5.9 ปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ของของเหลวจากกระเพาะหมักของแพะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองที่มี ruminally undegradable protein (RUP)

VFA[/1]	อาหารทดลอง (%RUP)				SEM	P-value	Contrast*	
(mol/100ml)	0	10	20	30			L	Q
Acetic acid, C2								
0	59.5[a]	60.5[a]	57.9[b]	57.9[a]	2.77	0.02	0.11	0.06
3	53.6[b]	55.2[ab]	53.1[b]	62.1[a]	2.31	0.05	0.02	0.09
6	62.3[a]	56.1[b]	56.0[b]	58.2[ab]	1.52	0.04	0.06	0.01
ค่าเฉลี่ย	58.5	57.3	55.7	59.4	1.59	0.23	0.89	0.21
Propionic acid, C3								
0	20.6[b]	19.3[b]	27.3[a]	21.5[b]	1.89	0.04	0.17	0.19
3	23.2	22.6	23.3	21.6	1.10	0.66	0.36	0.58
6	19.5	26.1	22.1	20.8	1.99	0.15	0.97	0.05
ค่าเฉลี่ย	21.1	22.7	24.2	21.3	0.97	0.40	0.73	0.14
Butyric acid, C4								
0	19.8[b]	20.2[b]	25.4[a]	20.6[b]	1.03	0.01	0.08	0.01
3	23.2[a]	22.3[a]	23.6[a]	16.3[b]	1.38	0.01	0.01	0.02
6	18.2	21.5	22.0	21.0	0.79	0.02	0.01	0.01
ค่าเฉลี่ย	20.4	21.3	23.7	19.3	1.20	1.44	0.86	0.17
C2:C3								
0	3.1	3.3	1.8	2.8	0.21	0.08	0.15	0.30
3	2.4	2.5	2.3	3.0	0.11	0.22	0.09	0.21
6	3.2[a]	2.5[b]	2.6[b]	2.8[ab]	0.14	0.05	0.13	0.01
ค่าเฉลี่ย	2.9	2.6	2.2	2.9	0.25	0.28	0.67	0.11

[a, b, c] ค่าเฉลี่ยของแต่ละปัจจัยในบรรทัดเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรต่างกันแตกต่างกัน ($p<0.05$)

*L = linear, Q = quadratic, RUP = ruminally undegradable protein

[/1]VFA = volatile fatty acid

5.8 วิจารณ์ผลการทดลอง

5.8.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหาร

จากตารางที่ 5.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองและฟางข้าวหมักยูเรีย พบว่าส่วนประกอบทางโภชนะของ ฟางหมักยูเรีย (5%) มีค่าวัตถุแห้ง 66.4% สอดคล้องกับ ไพบูลย์ ใจเด็ด (2532) แต่มากกว่า เมธา (2533) รายงานว่าฟางหมักที่ดีควรมีจะมีสิ่งแห้งประมาณ 40-50% จะทำให้ฟางหมักมีความนุ่มน่ากิน โปรตีน 8.0% ซึ่งมากกว่าไพบูลย์ (2532) 1.1% สอดคล้องกับ Sundstol and Owen (1984) เนื่องจากการหมักฟางทำการหมักฟางในปริมาณน้อยโดยจะหมักในถุงดำและมัดอย่างแน่นหนาทำให้อากาศเข้าไปได้น้อยทำให้ปริมาณแอมโมเนียไม่ระเหยจึงทำให้ค่าของโปรตีนสูง เถ้า 7.1% ค่า NDF 75.4 และ ADF 52.8% มีค่าใกล้เคียงกับ พรพรรณ แสนภูมิ (2546) มีค่า 76.8 และ 58.4% ตามลำดับ กลุ่มอาหารข้นทุกสูตรมีโปรตีนเท่ากันคือ 14% ตามที่กำหนดไว้ในการคำนวณสูตรอาหาร ทุกสูตรให้เท่ากัน สอดคล้องกับ พรพรรณ (2546) รายงานการเสริมอาหารข้นให้แพะ อาหารข้นควรมีระดับโปรตีนที่ระดับ 14% เพื่อทำให้แพะได้รับโภชนะต่างๆ เพียงพอกับความต้องการ แต่วัตถุแห้งอาหารข้นสูตรที่ 20 และ 30%RUP มีค่าใกล้เคียงกัน (90.3 และ 90.2%) มากกว่าอาหารข้นสูตรควบคุมและ 10% RUP ส่วน NDF และ ADF มีค่าใกล้เคียงกัน

5.8.2 ปริมาณการกินได้ของแพะ

จากตารางที่ 5.3 พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบ, อาหารข้น และการกินได้รวม มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการรายงาน Voss et al. (1988) รายงานว่า อาหารที่มีโปรตีนไม่ถูกย่อยสลายสูง ปริมาณการกินได้จะลดลงแต่ความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญ เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัวของอาหารหยาบและอาหารข้น การกินได้รวมมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การตอบสนองในด้านปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ และการกินได้รวม คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อน้ำหนักตัว และกิโลกรัมเมแทบอลิกต่อ การเพิ่มระดับของโปรตีนไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณการกินได้ต่อกิโลกรัมเมแทบอลิก ของอาหารหยาบ, อาหารข้น และปริมาณการกินได้ต่อกิโลกรัมเมแทบอลิกรวม ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการกินได้ ($g/kg\ BW^{0.75}$) ที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะเมื่อมีการกินได้เพิ่มข้น พลังงานที่ต้องใช้สำหรับการเมแทบอลิซึมของโภชนะย่อมสูงขึ้นตามไปด้วย (Leng and Nolan, 1984.) และ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวของแพะมีค่าเท่ากับ 100, 92, 117 และ 133 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับการรายงานของ Pralomkarn (1995) รายงานว่าแพะเพศผู้หลังหย่านมได้รับอาหารหยาบคุณภาพต่ำและได้รับอาหารข้นเสริมเต็มที่เจริญเติบโตดีวันละ 100 กรัม จากการรายงานของ Wankhede and Kalbande (2001) การเสริมโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายของลูกวัวและดีที่สุดเมื่อเสริมในระดับ 45%RUP

5.7.3 ปริมาณการย่อยได้ของโภชนะ

จากตารางที่ 5.4 พบว่าปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกันแต่การย่อยได้ของโปรตีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับ RUP ที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Swanson et al. (2000) รายงานค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โภชนะโปรตีนของแกะ จะสูงที่สุดในกลุ่มที่ได้รับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบกับระดับต่ำและระดับกลางที่มีค่าต่ำกว่า แต่เมื่อเพิ่มระดับ RUP ที่ 30% ค่าการย่อยได้โภชนะโปรตีนจะลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันในการเสริมอาหารข้นโปรตีนที่ผ่านการป้องกันการถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักด้วยการใช้ความร้อนในแพะ (Hadjipanayiotou, 1995) ส่วนการย่อยได้ของ อินทรียวัตถุของแพะกลุ่มที่ได้รับอาหาร 30%RUP มีน้อยที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากได้รับแหล่งโปรตีนจากกากปาล์มที่ผ่านการอบด้วยความร้อน จำนวนมากกว่าทุกกลุ่มจึงทำให้ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุลดลง ค่าการย่อยได้ของ NDF สูงนั้นชี้ให้เห็นว่าจะสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยในอาหารได้ดี เนื่องจากแหล่งโปรตีนของสูตรควบคุมคือยูเรียซึ่งเป็นโปรตีนที่ไม่มีโครงสร้างจึงสามารถย่อยสลายได้ง่าย ระดับการเพิ่ม RUP มีผลต่อค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุลดลงแบบเป็นเส้นตรง

5.8.4 ค่าความเป็นกรด-ด่างในของเหลวจากกระเพาะหมัก

จากตารางที่ 5.5 พบว่า ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่มควบคุม มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าทุกกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารแพะ ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 6.4, 6.2, 6.2 และ 6.1 ซึ่งอยู่ระหว่าง 6.1-6.4 สอดคล้องกับ Darlis et al. (2000) รายงานแหล่งของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายที่เสริมในแพะมีค่า pH เฉลี่ย เท่ากับ 6.4 แต่กลุ่มที่เสริมโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายจะมีค่า pH ที่ต่ำกว่า วินัย ประลมพ์กาญจน์ (2538) รายงานปกติความเป็นกรดเป็นด่างในกระเพาะหมักจะเป็นกรดเล็กน้อยแต่จะไม่ต่ำกว่า 5.5 อย่างไรก็ตาม Kung et al. (1983) ที่ได้รายงานว่าอาหารโปรตีนที่ถูกย่อยสลายได้ช้าหรือเร็วต่างกันในกระเพาะหมัก ไม่มีผลกระทบต่อค่า pH อย่างไรก็ตามค่า pH จะผันแปรไปตามความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (VFA) และแอมโมเนีย (NH_3-N) ด้วย

5.8.5 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) ในของเหลวจากกระเพาะหมัก

จากตารางที่ 5.6 ก่อนให้อาหาร พบว่าแพะกลุ่ม 10 และ 20%RUP ค่าความเข้มข้นที่สูงกว่า แพะกลุ่มควบคุม และ 30%RUP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารแพะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยรวมของความเข้มข้นของแอมโมเนีย ในอาหารทดลอง มีค่าเท่ากับ 4.6, 4.9, 4.3 และ 3.2 mg% ตามลำดับ

สอดคล้องกับการรายงาน Satter and Slyter (1974) พบว่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ในกระเพาะรูเมน คือ 5-8 mg% Veen (1986) ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นที่สูงสุดของอาหารโปรตีนที่ย่อยได้เร็วนั้นจะอยู่ในช่วง 8-12 mg% ส่วนอาหารโปรตีนที่ย่อยสลายช้า จะมีค่าในช่วง 4-8 mg% ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จะลดลงหลังจากผลิตสูงสุดเนื่องจากการนำไปใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์โปรตีนมากกว่าที่จะดูดซึมโดยกระเพาะหมัก นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยของค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.2 mg% เมธา (2547) ได้รายงานไว้ว่า ระดับของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 15 - 30 mg% สอดคล้องกับ Smith (1975) รายงานค่าแอมโมเนียจะดูดซึมได้เร็วเมื่อ pH ในกระเพาะรูเมนมากกว่า 7.5 ส่วนค่า pH ที่ช่วง 6.5-7.5 อัตราการดูดซึมแอมโมเนียจะช้าลง แสดงว่าอาหารที่มีการเสริม %RUP ในช่วง 0-30 จะไม่มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในกระเพาะหมัก เนื่องจากความเหมาะสมของค่า pH และความเข้มข้นของแอมโมเนีย ดังที่อธิบายมาข้างต้น จากรายงานของ McCarthy et al (1989) เกี่ยวกับค่าของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ลดลงในอาหารที่มีโปรตีนไม่ถูกย่อยสลายอยู่มาก แสดงให้เห็นถึงการย่อยสลายของโปรตีนลดลงจนอาจไม่เหมาะสมต่อการผลิตจุลินทรีย์โปรตีนแต่ก็สามารถเกิดสมดุลได้โดยที่โปรตีนไม่ถูกย่อยสลายอาจไหลผ่านไปย่อยสลาย ดูดซึมที่ส่วนของลำไส้เล็กได้ดีโดยเฉพาะกรดอะมิโนที่จำเป็น

5.8.6 ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN)

ผลการทดลอง จากตารางที่ 5.7 พบว่า ก่อนให้อาหาร ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหารแพะ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ค่าเฉลี่ยรวมความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 9.8, 9.3, 9.1 และ 10.4 mg% ตามลำดับ ก่อนให้อาหารพบว่าค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีค่าเท่ากับ 7.9, 6.0, 5.1 และ 7.0 mg% ซึ่ง (Hammond, 1983. อ้างโดย พิทยา ปาละนิตย์, 2546) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงกว่า 10 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ นั้นเป็นตัวบ่งชี้ว่าเกิดการขาดโปรตีน เนื่องจากการใช้โปรตีนที่ไม่มีประสิทธิเกิดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูญเสียไป อย่างไรก็ตามค่าความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ที่ เวลา 3 ชั่วโมง หลังให้อาหาร แพะมีการตอบสนองในด้านค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดต่อการเพิ่มระดับของโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก ลดลง แบบเป็นเส้นตรง ($p<0.05$) เมธา (2533) รายงานว่าระดับความเข้มข้นของยูเรีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดของสัตว์เคี้ยวเอื้องปกติอยู่ในช่วง 6.3-25.5 mg% จากการทดลองในครั้งนี้จะพบว่าสูตรอาหารทดลองมีระดับโปรตีน 14% มีค่ายูเรียในกระแสเลือดใกล้เคียงกับระดับปกติ

โดยมีรายงานว่าระดับยูเรียในกระแสเลือดที่เหมาะสมคือ 13.4 mg% สอดคล้อง Higginbotham et al (1989) รายงานว่าโปรตีนที่มีการย่อยสลายได้สูงกว่า จะมีการสลายโปรตีนเป็นแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้มาก มีการดูดซึมผ่านผนังรูเมนได้เพิ่มขึ้นที่ให้แอมโมเนียในกระแสเลือดสูงขึ้น และการผลิตยูเรียออกสู่กระแสเลือดเพิ่มขึ้นเนื่องจากร่างกายสัตว์สามารถนำแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือดกลับมาใช้ได้ใหม่ จึงไม่สามารถระบุระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในกระแสเลือด ว่าระดับได้ทำให้สัตว์อยู่ในสภาวะที่ได้รับไนโตรเจนต่ำกว่า

5.8.7 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ของของเหลวจากกระเพาะหมัก

จากตารางที่ 5.8 ก่อนการให้อาหารพบว่า แพะกลุ่ม 20%RUP มีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย สูงกว่า แพะกลุ่ม 20 และ 30%RUP อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่เวลา 3 และ 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร พบว่ามีค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Cozzi et al. (1995) รายงานว่า ค่าปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายในของเหลวจากกระเพาะหมักของแกะโตเต็มที่ ในกลุ่มที่ได้รับการเสริมโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายจะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม มีค่าเฉลี่ย 89.5 และ 116.5 μM/ml ตามลำดับ ที่เวลา 6 ชั่วโมง หลังให้อาหาร การตอบสนองของค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย ของการเพิ่มระดับของ RUP ลดลงแบบเส้นโค้งกำลังสอง ($p<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นค่าเฉลี่ยของกรดไขมันระเหยได้รวมเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 57.1, 59.5, 47.2 และ 56.8 m mol/l ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Tiwari et al. (2000) ไม่มีผลแตกต่างกันของค่า TVFA เมื่อเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักในอาหารโคนม เมื่อเพิ่มระดับโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักในอาหารโคนม (ค่าเฉลี่ย 77.1-82.5 mM) และแหล่งของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายที่เสริมในแกะไม่มีผลต่อปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ง่าย (ค่าเฉลี่ย 72.5-82.3 mM) (Jetana et al., 1998) และไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของสัตว์ในแพะและแกะ (ค่าเฉลี่ย 117.5-119.1 และ 109.9-126.1 mM ตามลำดับ) (Darlis et al., 2000) จากผลการทดลองพบว่าระดับของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด เพิ่มขึ้นตามระดับ แอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในของเหลวจากกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมักจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการผลิต และการดูดซึมกรดผ่านผนังกระเพาะหมัก ถ้าอัตราเร็วในการผลิตมีมากกว่าการดูดซึม ก็จะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะหมักมากอย่างไรก็ตามปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้จากการทดลองในครั้งนี้ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากว่าระยะเวลาในการเก็บส่วนของของเหลวในกระเพาะหมักเพื่อรอการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนานเกินไป จากตารางที่ 5.9 ปริมาณของกรดอะซิติค เนื่องจากแพะกลุ่มควบคุมได้รับกากมันสำปะหลังและยูเรียเป็นแหล่งโปรตีน และพลังงานเท่านั้น ซึ่งการที่มีแป้งสูง เมื่อเกิดกระบวนการหมักจึงได้กรดโพพิออนิกและ

กรดบิวทีริกที่ระดับสูง ทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกค่อนข้างต่ำ โดยปกติแล้วกรดไขมันระเหยได้ ถือเป็นแหล่งพลังงานหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ปริมาณ กรดโพรพิโอนิก การอัดเม็ดธัญพืชด้วยความร้อน มีผลทำให้กรดโพรพิโอนิคผลิตสูงขึ้น ปริมาณ กรดบิวทีริค การได้รับโปรตีนระดับสูงการผลิตกรดบิวทิริคจะเพิ่มขึ้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ สัดส่วนของ กรดอะซิติคต่อกรดโพพิออนิค พบว่าค่าเฉลี่ยสัดส่วนของกรดอะซิติกและกรดโพพิโอนิกมี ค่าเท่ากับ 2.9, 2.6, 2.2 และ 2.9 mol/100 ml ตามลำดับ สอดคล้องกับ Russell (1998) กล่าวว่าสัดส่วนของ กรดอะซิติกต่อกรดโพพิออนิก ที่ได้จากกระบวนการหมักธัญพืชต่ำกว่าจากเยื่อใย การเปลี่ยนแปลงสัดส่วน กรดอะซิติกต่อกรดโพพิออนิก และเมทเธน ขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่าง และสารตั้งต้นแต่ไม่อาจบ่งชี้ได้ชัดเจนว่าสิ่งไหนสำคัญที่สุด

5.9 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาถึงระดับของ RUP ในอาหารสูตร 0, 10, 20 และ 30%RUP ต่อความสามารถในการย่อยได้และ ปริมาณการกินได้, การเจริญเติบโตของแพะเนื้อโดยใช้ฟางหมักยูเรียเป็นแหล่งอาหารหยาบ จากผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

ปริมาณการกินได้ ของอาหารข้น, อาหารหยาบ, การกินได้รวม, การย่อยได้ของโภชนะ (วัตถุแห้ง, โปรตีน, NDF และ ADF) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ของแพะทั้ง 4 กลุ่ม แต่การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของแพะกลุ่ม 30%RUP มีค่าน้อยที่สุด เพราะว่าสัตว์ได้รับอาหารโปรตีนคือไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้จากฟางหมักยูเรีย โปรตีนที่ถูกย่อยสลายและ RUP จากกากปาล์มอบ 100°C และ ได้รับพลังงานจาก กากมันสำปะหลัง และฟางหมักยูเรีย กากปาล์มหรือกากมันสำปะหลัง ทำให้จุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือสามารถย่อยอาหารที่สัตว์กินเข้าไปได้ดีกว่า ทำให้ได้รับโภชนะสูงกว่ากลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาร่วมกับการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่ได้จากการทดลอง พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ง่ายทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้และสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของแพะที่ได้รับอาหารทดลอง ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการหมัก คือ กรดไขมันระเหยได้ แพะกลุ่มทดลองที่ไม่ได้เสริม RUP ดีกว่ากลุ่มทดลองอื่นๆ เพราะว่าสัตว์ได้รับอาหารโปรตีน คือไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแท้จากฟางหมักยูเรีย โปรตีนที่ถูกย่อยสลายและโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักจากกากมันสำปะหลัง และ ยูเรีย ได้รับพลังงานจากฟางหมักยูเรีย ทำให้เกิดกระบวนการหมักอย่างเหมาะสม ทำให้ได้ผลผลิตสุดท้าย คือ กรดไขมันระเหยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น อันเนื่องมาจากจุลิทรีย์โปรตีนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับแอมโมเนียที่เพิ่มขึ้นในกระเพาะหมักด้วย

5.10 รายการอ้างอิง

ประเวศ แสงเพชร. (2536). แพะ. **กสิกร**. (มีนาคม 2536).

พรพรรณ แสนภูมิ. (2546). ผลของระดับโปรตีนในอาหารข้นร่วมกับฟางข้าวหรือฟางข้าวหมักยูเรียต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต ลักษณะซากและการยอมรับของผู้บริโภคเนื้อแพะและแกะย่อยได้ วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พานิช ทินนิมิตร. (2007). **การใช้กากเมล็ดยางพารา กากเมล็ดปาล์ม และฟางหมักยูเรียในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง** [ออนไลน์]. Available:http://natres.psu.ac.th/Abstract/ AnimalSci12.htm

พิทยา ปาละนิตย์. (2536). ผลของอาหารโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อขบวนการหมัก, ผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมในโคนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ไพบูลย์ ใจเด็ด. (2532). ผลของการใช้ฟางหมักยูเรียและ/หรืออาหารเสริมที่มีต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ และสมรรถภาพการทำงานของกระบือใช้งาน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). **โภชนะศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. หจก.ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 234 น.

เมธา วรรณพัฒน์. (2547). **การผลิตโคเนื้อและกระบือในเขตร้อน**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. (2538). **อาหารและการให้อาหารแพะ**. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่, สงขลา.

อนันท์ เชาว์เครือ. (2546). ผลของอาหารโปรตีนที่ไหลผ่านการป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อปริมาณการกินได้ และอัตราการเจริญเติบโตในเนื้อทราย *(Cervus porcinus)* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

A.O.A.C. (1990). **Official Methods of Analysis**. 14th ed. Washington, D.C. The Association of Official Analytical Chemists. p.1298.

Bromner, J.M. and D.R Keeney. (1965). Steam distillation methods of determination of ammonium nitrate and nitrite. **Anal. Chem. Act**. 32: 485.

Cozzi, G., I. Andrighetto, P. Berzaghi and D. Andreoli. (1995). Feather and blood meal as partial of soybean meal in protein supplements for sheep. **Small Ruminant Res**. 15: 239-245.

Darlis, N. Abdullah, R.A. Halim, S. Jalaludin and .Y.W. Ho. (2000). Rumen parameters and urea kineticsin goats and sheep. **Asian-Aust**. **J. Anim. Sci**.13: 922.

Goering, H.K. and P.J. Van Soest. (1970). **Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications)**. Agric. Handbook No. 379. Washington, D.C. ARS, USDA.

Hadjipanayiotou, M. 1995. Effect of feeding heat treated soybean meal on the performance of lactating Damascus goats. **Small Ruminant Res**. 18: 105.

Higginbotham, G.E., J.J. Huber, M.V. Wallentine, N.P. Johnston and D. Andri. (1989). Influence of dietary protein concentration and degradability on permance of lactating cows during hot environmental temperatures. **J. Dairy Sci**. 72: 1818.

Jentana, T., N. Abdullah, R.A. Halim, S. Jalaludin and Y.W. Ho. (1998). Effect of protein and carbohydrate supplementation on fibre digestion and microbial population of sheep. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** 11: 510-521.

Kung, L., Jr. and J.T. Huber. (1983). Influence of non-protein nitrogen and protein of low rumen degradability on nitrogen flow and utilization in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci**. 66: 1863.

Leng, R.A. and J.V. Nolan. (1984). Symposium: Protein nutrition of the lactating dairy cow; nitrogen metabolism in the rumen **J. Dairy Sci**. 67: 1972.

McCarthy, R.D., Jr. T.H. Klusmeyer, J.L. Vicini, J.H. Clark and D.R. Nelson. (1989). Effect of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactation cows. **J. Dairy. Sci**. 72: 2107-2111.

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

Pralomkarn, W., S. Kocchapakdee, S. Saithanoo and B.W. Norton. (1995). Energy and protein utilization for maintenance and growth of Thai native and Angol-Nubian x Thai native male weaner goats. **Small Ruminant Res**. 16: 13-26.

Russell, J.B. and R.B. Hespell. (1981). Microbial rumen fermentation. **J. Dairy. Sci**. 64: 1250-1263.

SAS. (1998). **SAS User's Guide: Statistics**. Version 6. 14th ed Cary, NC: SAS Inst

Schneider, B.H. and W. P. Flatt. (1975). **The Evalution of Feed through Digestibility Experiment.** Athens: The University of Georgia Press.

Smith, R.H. (1975). **Digestion and Metabolism in the Ruminant**. Eds. Univ. of New England Press, Armidale, Australia.

Steel, R.G. and J.H. Torrie. (1980). **Principles and Procedures of Statistics**. New York.

Sundstol, F. and E. Owen. (1984). **Straw and Other Fibrous By-products as Feed**. Elsevier Science publishers, Netherland.

Swanson, K.C., J.S. Caton, D.A. Redmer, V.I. Burke and L.P. Reynolds. 2000. Infuence of undegradable intake protein on intake, digestion, serum hormones and metabolites, and nitrogen balancein sheep. **Small Ruminant Res**. 35: 225-232.

Tiwari, C.M., A.S. Chandramoni, S.B. Jadhao, S.K. Gowda and M.Y. Khan. (2000). Studies on blood biochemical constiuents and rumen fermentation in growing buffalo calves fed ammoniated straw-based rations supplemented with different protein sources. **Anim. Feed Sci. Technol**. 89: 119-130.

Van Keulen, J. and B.A. Young. (1977). Evalution of acid-insoluble ash as a nurture marker in ruminant digesstibility studies. **J. Anim. Sci**. 44: 282-230.

Veen, W.A.G. (1986). The influence of slowly and rapidly degradable concentrate protein on number of rumen parameters in dairy cattle. Netherlands **J. Agric. Sci**. 34: 199-211.

Voss, V.L., D. Stehr, L.D. Satter and G.A. Broderick. (1988). Feeding lactating dairy cows proteins resistants to ruminal degradation. **J. Dairy Sci**. 71: 2428-2434.

Wanapat, M., A., Petlum and O. Pimpa. (2000). Supplementation of cassava hay to replaceconcent rate use in lactating Holstein Fressian crossbreds. **Asian–Aust. J. Anim. Sci**. 13: 600-604.

Wanapat, M. and O. Pimpa. (1999). Effect of ruminal NH3-N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. **Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 12: 904-907.

Wankhede, S.M. and V.H. Kalbande. (2001). Effects of feeding bypass protein with urea treated grass on the performance of Red Kandhari calves. **Asian-Aust**. **J. Anim. Sci**. 14: 970-980.

ภาคผนวก ก

1. การคำนวณปริมาณโภชนะย่อยได้ทั้งหมดของวัตถุดิบ (ตารางที่ 3.2)

ตามวิธีการ Kaerl (1982) โดยวัตถุดิบที่เป็นแหล่งโปรตีนคือ กากถั่วเหลือง และ วัตถุดิบที่เป็นแหล่งพลังงานคือ กากมันสำปะหลัง

กากถั่วเหลือง TDN (%) = 40.3227 + 0.5398 (%CP) + 0.4448 (%NFE) + 1.4218 (%EE) - 0.7007 (%CF)

กากมันสำปะหลัง TDN (%) = 40.32625 + 0.1969 (%CP) + 0.4228 (%NFE) + 1.1903 (%EE) - 0.1379 (%CF)

2. การคำนวณสมดุลของไนโตรเจนของแพะ (ตารางที่ 3.6)

1. N intake = %ไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์จากอาหาร*การกินได้ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด

2. N- feces= %ไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์จากมูล*น้ำหนักแห้งของมูล

3. Urine N= %ไนโตรเจนที่ได้จากการวิเคราะห์จากปัสสาวะ*น้ำหนักปัสสาวะ

4. N output = ไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล+ไนโตรเจนที่ขับออกมากับปัสสาวะ

5. N absorption = การกินได้ของไนโตรเจน- ไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล

6. N retention = กินได้ของไนโตรเจน-ไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูล-ไนโตรเจนที่ขับออกมากับ ปัสสาวะ

3. การคำนวณสูตรอาหาร (การทดลองที่ 2.1 ก่อนทำ Tree step)

Treatment

T1 = กากปาล์ม

T2 = กากปาล์มอบ 60˚C

T3 = กากปาล์มอบ 100˚C

Step 1 การคำนวณปริมาณ N เริ่มต้น ที่ได้จากการย่อยได้ที่ เวลา 16 ชม.ของกากปาล์ม ทำปริมาณอาหารให้เป็น 15 mg

T1. 100 mg----------->2.86 mg

X ----------> 15 mg = (15 mg X100 mg)/ 2.86 mg

= 524.476 mg

= 0.5245 g

T2. 100 mg----------->2.23 mg

X ----------> 15 mg = (15 mg X100 mg)/ 2.23 mg

= 672.646 mg

= 0.6726 g

T3. 100 mg----------->2.60 mg

X ----------> 15 mg = (15 mg X100 mg)/ 2.60 mg

= 384.615 mg

= 0.3846 g

Step 3 จากค่าของ %N ของอาหารที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย

15 mg = 15 - 0.1600 (จาก step 1) =14.84

ใน 25 ml มี N = 14.84 (จากการคำนวณค่า %N ใน step 3)

ใน 100 = (14.84 X 100)/25 = 59.36

100----------> 59.36 X (DCP)

T1. จากค่าของ %N ของอาหารที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย

ใน 25 ml มี N = 0.0144 (จากการคำนวณค่า %N ใน step 3)

15 mg (จาก step 1) = 15 – 0.0144 = 14.9856

ใน 100 = (14.99 X 100)/25 = 59.96

การย่อยสลายของโปรตีน 100 = 59.96 X (39.6/100) = 23.74

T2. จากค่าของ %N ของอาหารที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย

ใน 25 ml มี N = 0.0480 (จากการคำนวณค่า %N ใน step 3)

15 mg (จาก step 1) = 15 – 0.0480 = 14.28

ใน 100 = (14.28 X 100)/25 = 57.12

การย่อยสลายของโปรตีน 100 = 57.12 X (48.7/100) = 27.82

T3. จากค่าของ %N ของอาหารที่ได้ในขั้นตอนสุดท้าย

ใน 25 ml มี N = 0.0496 (จากการคำนวณค่า %N ใน step 3)

15 mg (จาก step 1)		= 15 – 0.0496 = 14.95
ใน	100	= (14.95 X 100)/25 = 59.80
การย่อยสลายของโปรตีน	100	= 59.80 X (44.2/100) = 26.43

4. การคำนวณหา RUP (บทที่ 5)

ในสูตรอาหาร Total crude protein, TCP = 14%

1. ใน TCP ส่วน ต้องการให้มี RUP → 10 ส่วน

10% ในสูตรอาหารทดลอง 14 ส่วน กำหนดให้ TCP จะมี (14X10)/100 = 1.4 ส่วน

จากถุงไนล่อนพบว่า กากปาล์ม จะมี RUP 44.2 ส่วน

ซึ่งมาจาก TCP ในปาล์ม 100 ส่วน

ถ้าต้องการในสูตรอาหารทดลอง 1.4 ส่วน คำนวณจากอาหาร → (1.4 X 100)/ 44.2 = 3.2 kg

จากกากปาล์ม 100 kg มีส่วน ของ RUP 44.2 ส่วน ถ้าต้องการ 1.4 ส่วน

2. 20% ในสูตรอาหารทดลอง 14 ส่วน

กำหนดให้ TCP จะมี (14X20)/100 =2.8 ส่วน

จากกากปาล์ม 100 kg มี RUP 44.2 ส่วน ต้องการ 20 ส่วน → (2.8 X 100)/ 44.2 = 6.4 kg

3. 30% ในสูตรอาหารทดลอง 14 ส่วน

กำหนดให้ TCP จะมี (14X30)/100=4.2 ส่วน

จากกากปาล์ม 100 kg มี RUP 44.2 ส่วน ต้องการ 20 ส่วน → (4.2 X 100)/44.2 = 9.6 kg

ภาคผนวก ข

1. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบ 4x4 Latin Square Design

$$\mathbf{Y}_{ijk} = \mu + \mathbf{P}i + \mathbf{A}j + \mathbf{T}k + \varepsilon_{ijk}$$

เมื่อกำหนดให้ $\mathbf{Y}_{ijk}$ = ค่าสังเกตจากแถวที่ i , คอลัมน์ที่ j , ทรีทเมนต์ที่ k

μ = overall mean

Pi = อิทธิพลเนื่องจากเวลาเมื่อ i = 1 , 2 , 3 , 4

Aj = อิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์เมื่อ j = 1 , 2 , 3 , 4

Tk = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ เมื่อ k = 1 , 2 , 3 , 4

ε_{ijk} = ความคาดเคลื่อนของงานทดลอง

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบ Complete Randomized Design

$$\mathbf{Y}_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อกำหนดให้ $\mathbf{Y}_{ij}$ = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ i, ซ้ำที่ j เมื่อ j=1,..,r

μ = overall mean

τ_i = อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ (trt) ที่ i เมื่อ i=1,..,t

ε_{ij} = Error

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการทดลองแบบ Randomized complete block design

$$\mathbf{Y}_{ij} = \mu + \rho_i + \tau_j + \varepsilon_{ij}$$

เมื่อกำหนดให้ $\mathbf{Y}_{ij}$ = ค่าสังเกตของ Block ที่ i, treatment ที่ j

μ = Overall mean

ρ_i = อิทธิพลเนื่องจาก Block ที่ i เมื่อ i = 1,..,r

τ_j = อิทธิพลเนื่องจาก treatment ที่ j เมื่อ j = 1,..,t

ε_{ij} = residual error

ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของสมดุลของไนโตรเจน (บทที่ 3)

Source	DF	SS	Mean Square	F Value	Pr>F
N intake, กรัม					
SQ	2	0.580	0.290	0.560	0.580
Periods	3	5.880	1.960	3.750	0.020
Goats	3	2.390	0.800	1.520	0.220
Treatments	3	11.560	3.850	7.380	0.001
Error	36	18.800	0.520		
Total	47	39.210			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.521	3.731		0.723		19.365
Feces N, กรัม					
SQ	2	2.170	1.090	1.100	0.340
Periods	3	1.680	0.560	0.570	0.640
Goats	3	7.140	2.380	2.400	0.080
Treatments	3	0.790	0.260	0.270	0.849
Error	36	35.640	0.990		
Total	47	47.420			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.250	9.240		0.990		10.770
Urine N, กรัม					
SQ	2	0.210	0.100	0.360	0.700
Periods	3	1.040	0.350	1.200	0.330
Goats	3	1.910	0.640	2.190	0.110
Treatments	3	1.580	0.530	1.810	0.162
Error	36	10.440	0.290		
Total	47	15.170			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.310	12.870		0.540		4.190

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

Source	DF	SS	Mean Square	F Value	Pr>F
N absorption, กรัม					
SQ	2	3.140	1.570	2.320	0.110
Periods	3	3.810	1.270	1.870	0.150
Goats	3	1.840	0.610	0.900	0.450
Treatments	3	11.680	3.890	5.750	0.003
Error	36	24.400	0.680		
Total	47	44.860			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.460	9.580		1.820		8.600
N retention, กรัม					
SQ	2	1.740	0.870	1.240	0.300
Periods	3	2.810	0.940	1.340	0.280
Goats	3	1.640	0.550	0.780	0.510
Treatments	3	8.520	2.840	4.060	0.010
Error	36	25.170	0.700		
Total	47	39.807			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.370	18.970		0.840		4.410
N output , กรัม					
SQ	2	1.210	0.600	0.610	0.550
Periods	3	1.320	0.440	0.450	0.720
Goats	3	5.360	1.790	1.810	0.160
Treatments	3	3.780	1.260	1.280	0.295
Error	36	35.420			
Total	47	47.080			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.250	6.630		0.990		14.960

ตารางที่ 2 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายโปรตีนที่เวลา 16 ชั่วโมง ของกากปาล์มกากปาล์มอบ 60 และ 100˚C ในกระเพาะหมัก และลำไส้เล็ก (บทที่ 4)

Source	DF	SS	Mean Square	F Value	Pr>F
ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะหมัก					
Treatments	2	46.73	23.37	24.64	0.002
Error	6	8.54	0.95		
Total	8	55.27			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.85	1.69		0.57		57.74
ค่าเฉลี่ยการย่อยสลายของโปรตีนใน และลำไส้เล็ก					
Treatments	2	11.680	5.840	48.880	0.0001
Error	6	1.080	0.120		
Total	8	12.750			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.920	1.380		0.350		27.960
RUP					
Treatments	2	35.090	17.540	12.540	0.0072
Error	6	8.390	1.400		
Total	8	43.480			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.810	2.800		1.180		42.270
Total tract					
Treatments	2	7.180	3.590	2.570	0.160
Error	6	8.380	1.400		
Total	8	15.560			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.460	1.470		1.180		80.380

ตารางภาคผนวกที่ 3 แสดงการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของโภชนะที่ย่อยได้ของแพะที่ได้รับทดลองร่วมกับฟางหมักยูเรีย (บทที่ 5)

Source	**DF**	**SS**	**Mean Square**	**F Value**	**Pr>F**
CP					
Block	5	77.770	15.550	0.210	0.950
Treatments	3	190.910	63.640	0.880	0.475
Error	15	1088.030	72.540		
Total	23	1356.710			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.200	18.430		8.520		46.210
NDF					
Block	5	255.810	51.160	0.740	0.600
Treatments	3	151.650	50.550	0.730	0.548
Error	15	1034.050	68.940		
Total	23	1441.510			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.280	14.370		8.300		57.780
ADF					
Block	5	94.460	18.890	1.360	0.290
Treatments	3	14.200	4.970	0.360	0.784
Error	15	208.060	13.870		
Total	23	317.430			
R-Square	CV		Root MSE		Mean
0.340	6.930		3.720		53.740

ตารางภาคผนวกที่ 21 (ต่อ)

Source	DF	SS	Mean Square	F Value	Pr>F
DM					
Block	5	36.830	7.370	0.390	0.850
Treatments	3	64.170	21.390	1.140	0.366
Error	15	282.250	18.820		
Total	23	383.250			
R-Square		CV	Root MSE		Mean
0.260		6.740	4.340		64.410
OM					
Block	5	4.920	0.980	0.420	0.820
Treatments	3	28.870	9.620	4.150	0.025
Error	15	34.750	2.320		
Total	23	68.540			
R-Square		CV	Root MSE		Mean
0.490		2.500	1.520		60.880

ประวัติผู้เขียน

นางสาววลักษ์กมล ราคายิ่ง ที่อยู่ 3 หมู่ 15 ต.มะค่า อ.โนนสูง จ.นครราชสีมา ประวัติการศึกษาชั้นประถมศึกษา โรงเรียนบ้านหนองม้า ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น-ตอนปลาย โรงเรียนมหิศราธิบดี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อ พ.ศ. 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เมื่อพ.ศ. 2547